Google

This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse http://books.google.com

6000458030

LEÇONS

DE ZOOLOGIE

LEÇONS

DE ZOOLOGIE

DROITS DE TRADUCTION ET DE REPRODUCTION RÉSERVÉS.

LEÇONS

DE ZOOLOGIE

PROFESSÉES A LA SORBONNE

ENSEIGNEMENT SECONDAIRE DES JEUNES FILLES

PAR

M. PAUL BERT

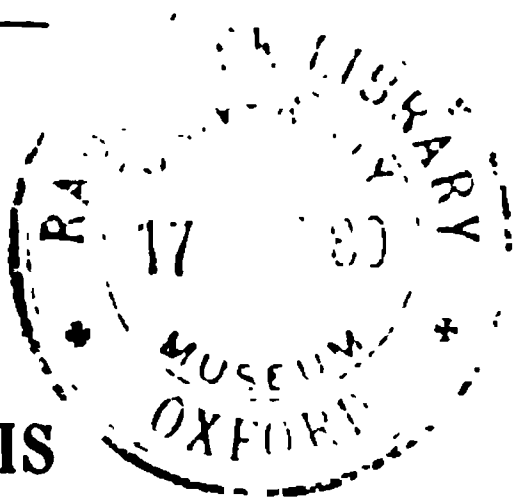
DÉPUTÉ

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

ANATOMIE — PHYSIOLOGIE

AVEC 402 FIGURES DANS LE TEXTE



PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

—

MDCCCLXXXI

PRÉFACE

Les Leçons dont j'entreprends aujourd'hui la publication ont été professées pendant dix années consécutives (1869-1879), sous le patronage de l'*Association pour l'enseignement secondaire des jeunes filles*, dans les amphithéâtres de la Sorbonne et de la place Gerson. L'accueil qu'elles ont reçu du public d'élite qui se pressait à ces cours, me fait bien augurer de celui qui attend le présent livre.

Il me sera permis de dire, ne fût-ce qu'à titre de remerciement pour mes bienveillantes et gracieuses élèves, que les heures consacrées à ces Leçons pendant si longtemps continuées ont été les plus heureuses de ma vie de professeur. Je n'y puis penser sans émotion et sans regrets. Chez aucun des nombreux auditoires auxquels il m'a été donné de m'adresser, je n'ai rencontré à un tel degré l'intelligence, la bienveillance, et surtout la confiance faite, si j'ose ainsi parler, d'estime et d'affection. Et devant aucun je n'ai ressenti davantage — si aride et peu d'ordre sentimental que soit le sujet traité — cette intime communion de pensée qui fait que celui qui parle n'est pas un instant abandonné par celui qui écoute, et que le discours ou la leçon n'est qu'une sorte de conversation où l'orateur seul élève la voix, mais où l'auditeur répond mentalement.

Ces heures ont été, disais-je, les plus heureuses, je voudrais pouvoir ajouter les plus utiles de ma vie de professeur. Instruire les femmes, fortifier leur jugement, discipliner leur imagination, ouvrir leur esprit aux vérités naturelles, c'est le plus sûr moyen de les mettre à l'abri des

exagérations mystiques, c'est travailler à la fois à la paix intérieure des familles et au progrès général de la société. Aussi ai-je toujours éprouvé une sorte de respect pour l'importance du rôle que j'avais l'honneur de remplir.

Ce respect se traduisait par un grand soin dans la préparation des leçons, et surtout par une grande prudence dans l'exposition des faits. Et je ne fais pas allusion seulement aux délicatesses de langage, ou même à la réserve absolue que commandent certaines parties de la science que je professais : non, il n'y a point là de difficultés véritables. Je veux parler de susceptibilités bien autrement éveillées, et je dirai même bien autrement respectables, puisqu'elles protègent l'intégrité du domaine de la conscience.

J'ose me flatter — car il est ici question non du talent, mais en quelque sorte de l'honneur du professeur — d'avoir sous ces deux rapports complètement réussi. Durant ces dix années, où des centaines de jeunes filles et de mères de famille ont assisté à mes cours, je n'ai reçu qu'une seule observation critique, et elle était empreinte d'un tel fanatisme, que je n'ai pu la considérer comme une leçon méritée.

Ces qualités des Leçons parlées, on les retrouvera dans les Leçons écrites : je les revendique à défaut d'autres.

Mais si je suis rassuré de ce côté, je ne suis pas pour cela sans craintes : ce serait, il faut le dire, vanité excessive ; et j'ai, de toutes parts, beaucoup à redouter. Mais ce que je redoute par-dessus tout, c'est le *feuilletage* rapide du livre, le coup d'œil superficiel jeté sur les titres courants, la table, les figures. Oui, j'ai peur que la mère ou même le père de famille ne s'effarouche un peu, en rencontrant, au hasard du pouce, tant de notions en apparence disparates, tant de sujets d'aspect aride, et parfois de ces longs mots qui font plus d'effet que les choses elles-mêmes.

Peut-être, je l'avouerai, sans l'expérience que j'ai acquise, je m'effraierais moi-même en parcourant ces prétendues *Leçons de Zoologie*, qui ne sont, il faut bien le dire,

rien de moins que des leçons d'Anatomie et de Physiologie, avec un soupçon de Pathologie. Je craindrais que le développement intellectuel d'une jeune fille de seize à dix-huit ans, que ses connaissances antérieures dans le domaine scientifique, ne lui permissent pas de s'intéresser aux questions traitées dans ce livre, et à plus forte raison de profiter des enseignements qu'il contient : que tout cela, pour dire la chose en un mot, ne lui semblât « trop difficile ».

Eh bien, qu'on me permette de le dire avec la même sincérité : l'expérience est faite, et elle a prouvé le contraire. Pendant dix années ces Leçons ont été professées, telles, à peu près, qu'elles sont ici reproduites, et c'était précisément de jeunes filles âgées de seize à dix-huit ans que se composait en grande majorité mon auditoire. Or, tout cela était parfaitement compris, et je n'en veux pour preuve que les excellentes compositions que, chaque semaine, mes élèves me remettaient en correction.

C'est que nous sommes, dans ces appréciations, nous surtout, je veux dire nous, les hommes, entraînés à nous tromper singulièrement sur la force intellectuelle, ou pour mieux dire, sur la maturité d'esprit des jeunes filles. Parce que nous avons coutume de leur mettre entre les mains des livres niais ou quintessenciés ; parce que nous prenons devant elles un langage de circonstance, tout de miévreries et de banalités ; parce que nous ne leur préparons et ne leur permettons que des distractions futiles, nous sommes enclins à penser que les choses sérieuses sont hors de leur domaine. Et cependant le seul examen de ce qui se passe à notre foyer domestique nous montre que cette jeune fille, qui dans un an peut-être sera à son tour chef de famille, et sur laquelle pèsent déjà tant de responsabilités, est, à valeur intellectuelle égale, bien autrement sérieuse, malgré ses dehors enjoués, que son frère du même âge, et bien autrement prête pour la vie; et l'expérience de l'enseignement mixte chez les peuples étrangers nous la montre, le plus souvent, à la tête des classes où les deux sexes sont réunis.

Et puis, il y a une autre cause d'erreur, plus générale encore. Nous sommes involontairement portés à considérer ce que nous apprenons en dernier lieu comme plus difficile que ce que nous avons d'abord appris. Vous faites trembler l'étudiant en médecine en l'interrogeant sur l'Histologie, parce qu'il l'a apprise après l'Anatomie ordinaire. Il énumère avec complaisance les os du carpe, mais il prend peur devant la cellule osseuse, et il s'indignerait si on lui parlait de la théorie vertébrale du crâne. Les jeunes filles de mon cours, qui n'avaient pas en tête ces fausses idées préconçues, s'intéressaient bien davantage, au contraire, à la connaissance de cette cellule fondamentale qu'à l'étude des divers os, dont les variations de forme ne disent rien à l'esprit ; et les rapprochements homologiques ou analogiques ne leur déplaisaient point.

Autre chose enfin : les faits récemment découverts, les théories récemment établies, semblent plus difficiles à connaître et à comprendre que les faits anciens et les théories surannées. Il semble que pour apprendre, on soit obligé de faire l'effort d'esprit qui a été nécessaire pour découvrir. Il n'en est rien. La théorie de l'équivalence des forces, pour prendre un exemple, est comprise et acceptée très facilement des élèves, pour peu que le professeur sache y mettre du sien.

Qu'on ne s'effraie donc pas, en trouvant dans ce livre qui s'ouvre par le mot « Mesdemoiselles » des notions qui peuvent sembler ou « bien difficiles », ou « bien élevées pour des jeunes filles ». J'exhorte les pères de famille à avoir plus de confiance dans leurs enfants. L'« élévation » est souvent plus compréhensible que la puérilité.

Peut-être me fera-t-on un autre reproche, celui d'avoir voulu aller trop loin ; et la terreur des *femmes savantes*, qui hante encore bien des esprits, se donnera carrière. Si par savantes on veut dire pédantes, personne ne les redoute plus que moi. Aussi me suis-je en toutes circonstances attaché à donner à mes élèves le respect des vrais savants, à leur montrer combien les notions que je leur enseignais sont peu de chose à côté de la science véritable. Elles ne

croiront certes pas savoir *la* Physiologie, mais elles sauront *de la* Physiologie, et *ce qu'est* la Physiologie. C'est la modestie et non la vanité qu'inspire un enseignement ainsi conduit.

Et maintenant, que le public prononce ! J'ai la ferme et douce conviction que ce livre « pour les jeunes filles » sera recommandé par toutes mes anciennes élèves à leurs sœurs et à leurs amies. Je les prie de ne pas oublier leurs frères, Messieurs de Philosophie, qui y trouveront développées beaucoup de parties du programme officiel de leur classe. Je sais même des papas et des mamans qui le pourront lire avec avantage.

PAUL BERT.

Auxerre, 28 octobre 1880.

LEÇONS

DE

ZOOLOGIE

PREMIÈRE LEÇON

Définitions. — Bases de la classification.

MESDEMOISELLES,

Définition de la zoologie.

Nous devons nous occuper ensemble de Zoologie. Le mot *Zoologie* est composé de deux mots grecs, ζῶον (*zôon*), animal, et λόγος (*logos*), discours : discours sur les animaux, histoire des animaux. Cette science comprend la connaissance des animaux, de leurs mœurs, de leur distribution à la surface du globe, des parties qui composent leur corps et de l'usage de ces parties, de leurs rapports entre eux, de leurs sociétés, de leurs guerres, de leurs relations avec les plantes dont ils se nourrissent, de leurs relations avec nous, des dangers dont ils nous menacent, des services qu'ils nous rendent. Elle comprend plus encore, puisqu'elle comprend notre propre histoire, l'histoire de notre corps. Car, sans méconnaître en rien l'abîme que la supériorité de notre intelligence

creuse entre les animaux et nous, il faut bien accepter, et sans fausse humilité, les liens intimes qui nous rapprochent d'eux sous le rapport matériel; nous ne respirons pas, nous ne digérons pas, nous ne naissons pas, nous ne mourons pas autrement qu'un animal. A ce point de vue même, nous sommes obligés de reconnaître entre certains animaux, certains singes et nous, d'étranges ressemblances, dont quelques-uns s'étonnent et même s'affligent, à grand tort, selon moi, car cette presque similitude corporelle fait encore mieux ressortir notre véritable grandeur.

Il n'est pas besoin, après ces quelques mots, d'insister sur l'intérêt et sur l'utilité que présente la Zoologie. Si je ne parviens pas à vous les faire sentir, ce sera ma faute, non pas celle de la science que je suis ici chargé de professer. Je n'insisterai pas davantage, ayant, au reste, toujours trouvé que ces généralités sont mieux placées à la clôture qu'à l'ouverture d'un cours. J'ajouterai cependant un mot.

Pour beaucoup de personnes, pour beaucoup d'entre vous, sans doute, le mot de Zoologie, ou plutôt d'Histoire naturelle des Animaux, entraîne l'idée d'une étude charmante, de récits, que dis-je! d'anecdotes curieuses, dont les oiseaux, les fourmis, les abeilles, font les principaux frais. D'autres, au contraire, ayant ouvert pour leur malheur quelque ouvrage de Zoologie descriptive, ne voient dans cette science qu'une sèche nomenclature de noms barbares, véritable grimoire de grec et de latin, devant lequel recule la mémoire la plus docile. Je ne fais qu'indiquer ces deux points de vue, dont la suite de ces leçons vous montrera, je l'espère, la faus-

seté. J'aurai atteint mon but, si vous estimez alors que le zoologiste, pas plus que le chimiste, par exemple, n'a le devoir d'être amusant, ni le droit d'être ennuyeux, mais qu'il doit être seulement instructif et utile.

Ce que c'est qu'un animal.

Puisque nous nous occupons de l'histoire des animaux, notre premier soin doit être, ce semble, de nous entendre sur la valeur du mot *Animal*, de définir l'animal. Mais, j'en suis sûr, pour beaucoup «l'entre vous, la question paraît un peu oiseuse. Quoi «le plus simple, en effet? Un Chien, un Rat, un Perroquet, une Carpe, une Mouche, un Limaçon, un Ver de terre, une Huître, voilà des animaux; personne n'hésite à leur donner ce nom, auquel il semble inutile de chercher alors une signification plus précise.

La chose n'est cependant pas aussi aisée qu'elle en a l'air tout d'abord : nous le verrons lorsque, arrivés à la fin de ces leçons, nous nous occuperons des animaux les plus simples de structure, et, comme on dit volontiers, les plus inférieurs, les plus bas placés dans l'échelle zoologique. Aujourd'hui, parmi toutes les difficultés que ce problème rencontre, je veux vous en citer une seule. Je mets sous vos yeux (fig. 1) une sorte de pierre arborescente qui n'est autre chose que ce Corail dont on fait des parures. Pendant longtemps on le considéra comme une pierre; mais la faculté de grandir, que lui avaient reconnue les pêcheurs, lui faisait attribuer quelque chose de la nature végétale. Or, au commencement du siècle dernier, un naturaliste nommé Marsigli, ayant placé dans de l'eau de mer

une branche de corail qu'on venait de pêcher, la vit

Fig. 1. — Corail réduit à sa partie pierreuse.

se recouvrir de petits corps blancs (fig. 2), étalant huit

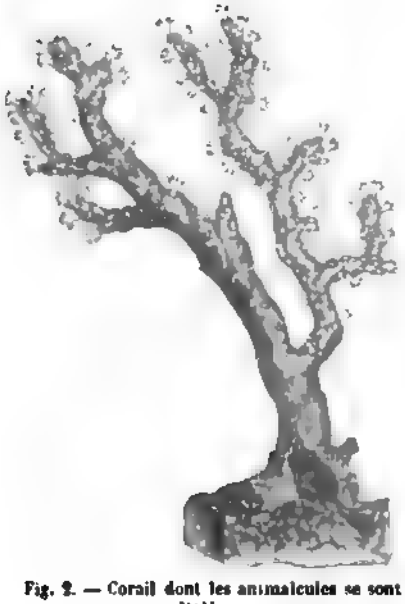


Fig. 2. — Corail dont les animalcules se sont étalés.

Fig. 3. — Un animalcule du corail, très grossi.

petits bras dentelés, semblables à des fleurs (fig. 3).

Dès lors, le corail fut déclaré une véritable plante. Cependant, quelques années plus tard, un Français, Peyssonnel, déclara que ces prétendues fleurs étaient autant de petits animaux. Grand émoi, discussions, querelles même : en ce temps-là, les savants se fâchaïent volontiers. L'illustre Réaumur et Bernard de Jussieu prirent parti contre Peyssonnel ; et cependant Peyssonnel avait raison, et personne aujourd'hui n'hésite plus à lui rendre justice. Voilà donc un corps qui fut successivement considéré comme un minéral, comme un végétal, comme un animal. Laissons là l'idée du minéral, nous verrons plus tard pourquoi elle n'était pas soutenable, et demandons-nous quelles raisons ont décidé les naturalistes à déclarer enfin que les fleurs du coraìl sont de vrais animaux.

Mais pourquoi, je vous pric, déclarez-vous sans hésitation qu'un Oiseau est un animal, qu'un Papillon est un animal? Pour plusieurs motifs; j'indiquerai les principaux. D'abord cet être va, vient, s'agite dans l'espace ; puis, si vous avancez la main pour le saisir, il s'enfuit ; enfin, s'il se laisse prendre, vous constatez qu'un pincement ou qu'une caresse entraîne un mouvement, qu'il est, en un mot, sensible à la douleur et au plaisir. Ce n'est pas tout : livré à lui-même, cet être errant et libre paraît avoir dans ses actions un but principal : poursuivre et saisir un corps, chercher, comme on dit, sa nourriture, et l'introduire dans une cavité dont nous étudierons plus tard la structure, mais que chacun connaît sous le nom d'appareil ou de tube digestif, et qui, tout le monde le sait aussi, n'existe pas chez les plantes.

Il est enfin un autre caractère auquel on ne songe pas d'habitude, et dont l'importance est grande cependant. Je n'hésite pas à appeler sur lui votre attention, malgré son étrangeté apparente et malgré les idées peu agréables qu'il éveillera dans votre esprit. Je tiens à vous montrer, dès cette première leçon, qu'il n'est rien dans la nature de petit ni de répugnant, rien dont nous ne puissions tirer un enseignement; ce que nous dédaignons, c'est ce que nous ne comprenons pas. Et puis, pardonnez-le moi, je ne suis pas fâché de vous faire passer, dès le début de nos entretiens, par cette sorte d'épreuve qui vous aguerrira pour l'avenir. Prenez courage et écoutez-moi.

Lorsqu'un de ces êtres que nous appelons, sans hésiter, un animal, a été frappé de mort, son corps devient bientôt le siège de phénomènes destructeurs qui en entraînent, au bout d'un temps, la complète disparition. Pendant ce temps, une odeur odieuse, mais bien caractéristique, s'échappe de ce corps qu'on dit être en *putréfaction*, tandis que rien de semblable n'arrive pour des végétaux morts. Or, ces odeurs dépendent de la formation de substances gazeuses dans lesquelles entre l'ammoniaque, un des composés de l'azote, ce corps simple dont on vous a parlé dès votre première leçon de chimie; elles sont la preuve que la matière qui constitue le corps des animaux contient une énorme quantité de cet azote, dont des traces seulement se rencontrent chez la plupart des végétaux.

Récapitulons : 1° matières premières, constituantes, fortement azotées; 2° existence d'un appareil digestif; recherche et poursuite d'aliments; 3° mou-

vements, sensibilité et, par-dessus tout, volonté, recherche intelligente de ce qui est bon et utile; terreur de ce qui est mauvais et nuisible : tels sont les trois ordres de caractères auxquels nous reconnaissons l'animal. Le dernier, à coup sûr, est le plus important, et c'est lui qui a fait donner son nom à l'animal, à l'être *animé*.

Or, ces trois ordres de caractères, les fleurs du corail les possèdent; si faibles que soient les mouvements de leurs parties libres, des pétales, comme on les appelait autrefois, on voit qu'elles ont pour rôle d'attirer et de saisir les aliments; on voit qu'elles s'allongent vers la proie et se replient devant le danger. Ces prétendues fleurs sont donc des animaux.

Mais nous allons, d'un autre côté, rencontrer des difficultés nouvelles. Il existe une plante dont le nom vous est bien connu, nom qui exprime ses étranges facultés : la Sensitive. C'est comme un petit acacia dont les feuilles étalent au soleil les folioles dont elles sont composées (fig. 4, 1). Vient-on à toucher une de ces folioles, aussitôt elle se redresse; celle qui lui est opposée en fait autant, et le mouvement gagne de proche en proche jusqu'à la base de la feuille (fig. 4, 2); si l'excitation a été assez vive, la feuille elle-même s'abat brusquement (fig. 4, 3), et d'autres feuilles situées plus ou moins loin sur la tige s'abattent après elle. Nous avons donc là aussi mouvement et sensibilité. Est-ce à dire que la sensitive soit une sorte d'animal? Nous n'hésiterons pas à dire non. D'abord, sa composition chimique est identique à celle des autres plantes; ensuite, pas plus qu'elles, elle ne possède rien qui ressemble à

un tube digestif. Enfin, et surtout, ses mouvements sont toujours provoqués par une excitation extérieure; tout en eux est fatal; il ne dépend de la sensitive ni de les produire ni de les empêcher : la volonté fait complètement défaut.

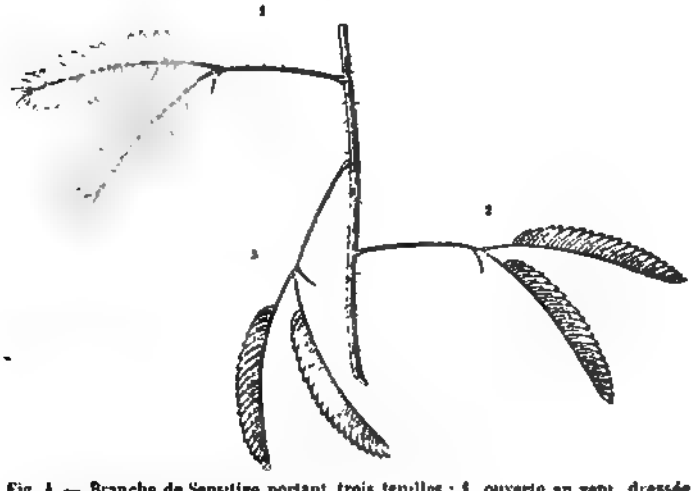


Fig. 4. — Branche de Sensitive portant trois feuilles : 1, ouverte au vent, dressée folioles étalées; 2, ayant fermé ses folioles après une excitation légère; 3, s'étant en outre complètement abaissée, après excitation forte.

C'est ici le caractère véritable : en effet, il existe des êtres tellement petits que le microscope seul a pu révéler leur présence, et qui ne possèdent pas de tube digestif. Ils s'agitent dans le liquide où ils vivent; mais certains d'entre eux se meuvent comme au hasard, entraînés par les circonstances extérieures; d'autres, au contraire, exécutent manifestement des actes volontaires : aux premiers, nous n'hésitons pas à attribuer le nom de végétaux, aux seconds, celui d'animaux. L'animalité, à vrai dire, c'est donc la volonté.

Nous savons maintenant ce que c'est qu'un animal; nous pouvons aller en avant.

Principes de la Classification.

Si nous jetons les yeux autour de nous, nous voyons que les formes animées sont extrêmement nombreuses. C'est par milliards d'individus, sans nul doute, qu'il faudrait compter la population zoologique du globe. Comment nous y reconnaître dans cette foule innombrable? Comment imposer des noms à tous ces êtres, en telle sorte que, le nom étant prononcé, nous pensions de suite à l'être, ou que, réciproquement, celui-ci nous étant présenté, nous trouvions tout de suite son nom? C'est cependant, de toute évidence, la première question à résoudre : il faut savoir de qui nous voulons parler. Un examen un peu attentif va nous permettre d'abord de simplifier la question.

Il y a certainement, dans Paris, des millions de moineaux, et cependant il n'est pas nécessaire de leur donner à chacun un nom. Le mot seul de *moineau* rappelle suffisamment à notre esprit cette petite forme vive, intelligente, impertinente. Pourquoi cela? C'est, me répondrez-vous, parce que tous les moineaux se ressemblent.

Mais la réponse est vague; essayons de lui donner plus de précision. Il y a aussi, dans Paris, durant la belle saison, des millions d'hirondelles, et le langage vulgaire les rassemble toutes sous un même nom. Or supposons que nous ayons en main un grand nombre de ces oiseaux. Nous verrons immédiatement que certains d'entre eux ont sous la gorge une large bande rousse, tandis que chez les autres la gorge est blanche. Nous sommes donc amenés à faire deux catégories et à distinguer, avec les zoologistes, des *hirondelles de cheminée* (gorge rousse : fig. 5, B) et des *hirondelles de fenêtre* (gorge blanche : fig. 5, A). Or, si nous ob-

servons le nid d'un couple de ces dernières, nous verrons que des œufs qu'il contient sortiront des petits qui tous auront la gorge blanche. Et ceci, sans nulle

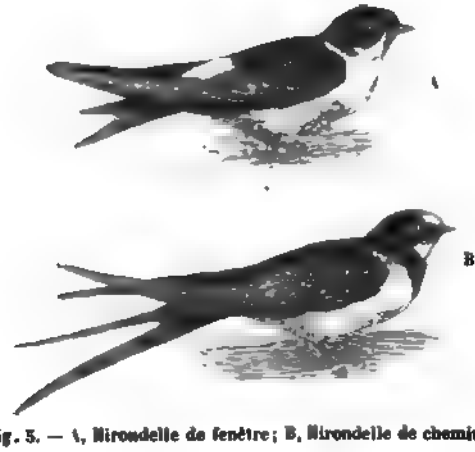


Fig. 5. — A, Hirondelle de fenêtre; B, Hirondelle de cheminée.

exception : jamais dans un nid d'hirondelle à gorge rousse ne seront nourries de petites hirondelles à gorge blanche, et réciproquement.

Cette ressemblance complète des petits avec leurs parents caractérise ce qu'on appelle, en histoire naturelle, L'ESPÈCE. Nous dirons donc que l'espèce est une réunion d'animaux qui se ressemblent assez pour qu'on puisse supposer qu'ils descendent tous de parents communs.

Il nous suffit donc de donner un nom à l'espèce, puisque tous les individus qui la composent ne sont en quelque sorte que des effigies de la même empreinte. Notre travail est simplifié; mais ne chantons pas encore victoire.

En effet, le nombre des espèces que l'on a reconnues et décrites dans ce qu'on appelle le RÈGNE ANIMAL dépasse aujourd'hui 200 000. Il est évident que, s'il fallait

donner à chacune d'elles un nom, la mémoire la plus riche ne suffirait pas à les retenir. D'autre part, si ces 200 000 espèces ne sont pas rangées d'une certaine façon, leur ensemble présentera un véritable chaos, dans lequel il faut pourtant que nous parvenions à nous reconnaître. Il faut donc que nous établissions des groupes, ou, comme on dit, une *classification*.

Déjà le bon sens universel a fait, en certains points, la besogne. Il existe dans toutes les langues des mots d'acception générale qui désignent toute une catégorie d'êtres : ainsi, l'on dit partout : Oiseaux, Serpents, Papillons, etc. Mais cette espèce de groupement instinctif que fait l'enfant lui-même, lorsque son intelligence s'éveille au monde, n'a souvent pas de précision, et contient même des disparates choquantes. Sous le nom d'*insecte*, par exemple, le langage vulgaire comprend parfois des êtres bien différents les uns des autres, une mouche, une araignée, une écrevisse, et le fabuliste a même dit en parlant d'un serpent : « l'insecte sautillant ». De même, le nom de *poisson* indique, pour beaucoup de personnes, avec les vrais poissons, les baleines, les mollusques, et, en général, tout ce qui vit dans l'eau. En outre, tous ces noms génériques ne se groupent pas, ne se hiérarchisent pas ; nous ne pouvons pas nous contenter de ces tentatives vulgaires.

Les naturalistes ont établi une sorte de cadre, comme on dit dans l'armée, c'est-à-dire des catégories portant des noms divers, et qui sont de plus en plus larges, s'emboîtant, pour ainsi dire, les unes dans les autres. Permettez-moi, pour bien faire sentir ma pensée, d'employer une comparaison vulgaire.

Comment arrive-t-on à faire parvenir à destination

une lettre, au milieu même d'une ville populeuse? En établissant une série de catégories de plus en plus petites, et dont l'énoncé commande la direction à suivre. Ainsi l'on dit, par exemple : Europe, France, Seine, Paris, rue Gerson, n° 1. On dira encore : Amérique, États-Unis, Massachusetts, Boston, rue...., n°... Et grâce à cette série de catégories : continent, nation, département, ville, rue, numéro, on arrive à composer l'adresse de la lettre.

Or comment les zoologistes s'y prennent-ils pour composer l'adresse d'un animal, de façon qu'on arrive facilement jusqu'à lui? Voici les noms des catégories qu'ils ont instituées; c'est une hiérarchie dont je vous prie de retenir tous les degrés, avec leur valeur réciproque. Dans le langage de chaque jour on confond souvent ces valeurs, et il importe de ne pas tomber dans ces fautes de langage, qui entraînent facilement des fautes de logique.

On dit donc successivement :

Embranchement, Classe, Ordre, Famille, Genre, Espèce.

Remarquez la valeur du mot Embranchement; il correspond réellement, dans l'adresse d'une lettre, au mot Continent. C'est-à-dire que les divers Embranchements ne peuvent être réunis l'un à l'autre que par le terme universel de Règne animal, de même que les divers Continents ne peuvent être réunis que par le terme universel de Terre, car ils sont séparés complètement les uns des autres par les abîmes, les océans. Pour les autres termes, sans poursuivre une comparaison qui deviendrait aisément puérile, je dirai seulement qu'ils n'ont pas de valeur absolue, mais seulement une valeur relative,

qu'il y a de grandes familles comme il y a de grandes villes, de petits genres comme il y a de petites rues, etc.

Etablissement de la Classification

Voilà donc notre plan fait. Comment l'exécuter maintenant? Nous avons devant nous, je suppose, 200000 espèces animales: comment les faire entrer dans le cadre que nous venons de tracer?

Nous pouvons y parvenir par deux modes différents: en commençant par en haut, par l'Embranchement, de la plus étendue des catégories à la plus restreinte, ou en commençant par en bas, par l'Espèce.

Essayons d'abord par en bas: aussi bien est-ce la marche qu'indique le bon sens, et la vraie marche scientifique, qui va du simple au composé, du connu

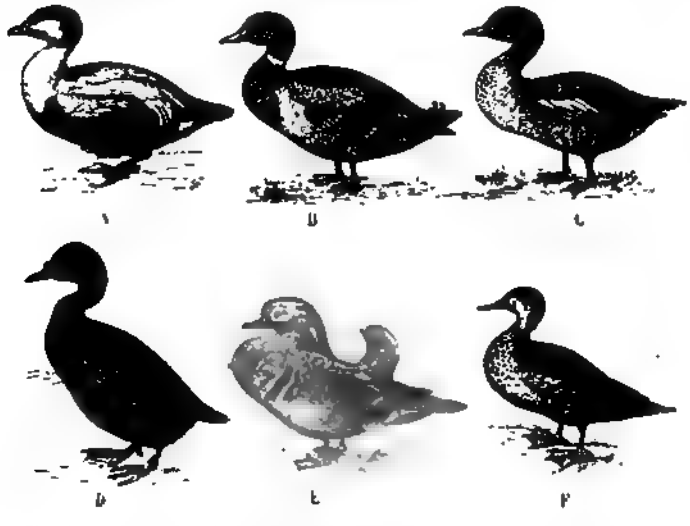
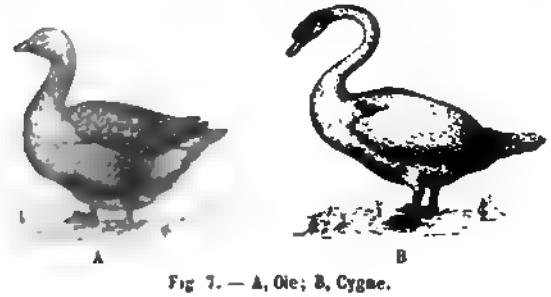


Fig. 6. — A, Canard eider; B, C. ordinaire; C, C. milouin; D, C. macreuse, E, C. de la Chine; F, C. sarcelle.

à l'inconnu. Prenons un premier exemple parmi les oiseaux. Voici devant vous plusieurs oiseaux appartenant à des espèces différentes, mais tellement voi-

sines l'une de l'autre que le même nom vulgaire leur a été donné : on les a tous appelés Canards; ce sont le canard ordinaire, le canard milouin, le canard eider, le canard sarcelle, etc. (fig. 6). Veuillez remarquer ce premier point : un seul mot, le mot Canard, suffit pour désigner tout cet ensemble d'êtres. Pour les distinguer maintenant l'un de l'autre, on lui ajoute seulement un autre nom, comme, dans une même famille, on ajoute au nom commun de la famille des noms de baptême qui caractérisent les individus. Le grand Linnæus a généralisé cet acte du bon sens et a introduit ce qu'on appelle maintenant la *nomenclature binaire*. Dans cette nomenclature, chaque animal a deux noms : un nom propre, ou spécifique, qui le caractérise, et un nom générique, qui indique ses relations avec le reste des animaux.

Ce mot *Canard* sera le nom du *Genre*. Mais à côté de ces canards nous trouvons d'autres oiseaux avec lesquels on a formé le genre *Cygne;* d'autres qui



A B

Fig. 7. — A, Oie; B, Cygne.

appartiennent au genre *Oie*, etc. (fig. 7). Or, tous ces oiseaux se ressemblent beaucoup. Ils ont tous, par exemple, le bec plat et garni de dents ou de lamelles. Nous pouvons les rapprocher dans un même groupe et les désigner sous un même nom. Nous consti-

luerons ainsi la *Famille des Lamellirostres* (de *rostrum*, bec : bec à lamelles) (fig. 8).

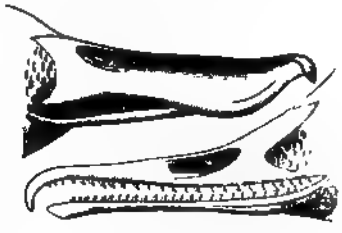
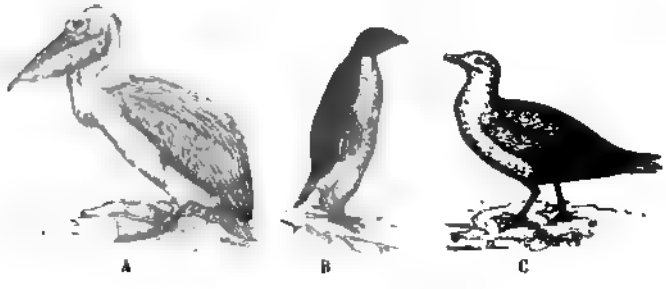


Fig. 8. — Becs d'oiseaux *Lamellirostres*.

A côté de cette famille, nous arriverons, par un travail semblable, à constituer une famille pour les



A B C

Fig. 9. — A, Pélican ; B, Manchot ; C, Goëland.

Pélicans, une pour les Goëlands, une pour les Manchots, etc. (fig. 9). Remarquant maintenant que tous ces animaux ont des caractères communs, qu'ils ont, par exemple, les doigts des pieds réunis par une membrane, ou, comme on dit, les pieds *palmés* (fig. 10), nous serons amenés à les réunir en un seul ordre qui aura bien mérité le nom d'*Ordre des Palmipèdes*.

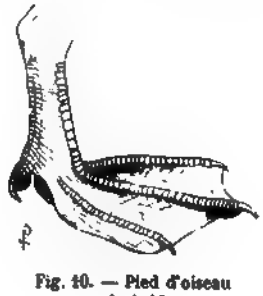


Fig. 10. — Pied d'oiseau palmipède.

Enfin, voici d'autres êtres, des Oiseaux de proie,

des Gallinacés, des Perroquets, des Échassiers, etc

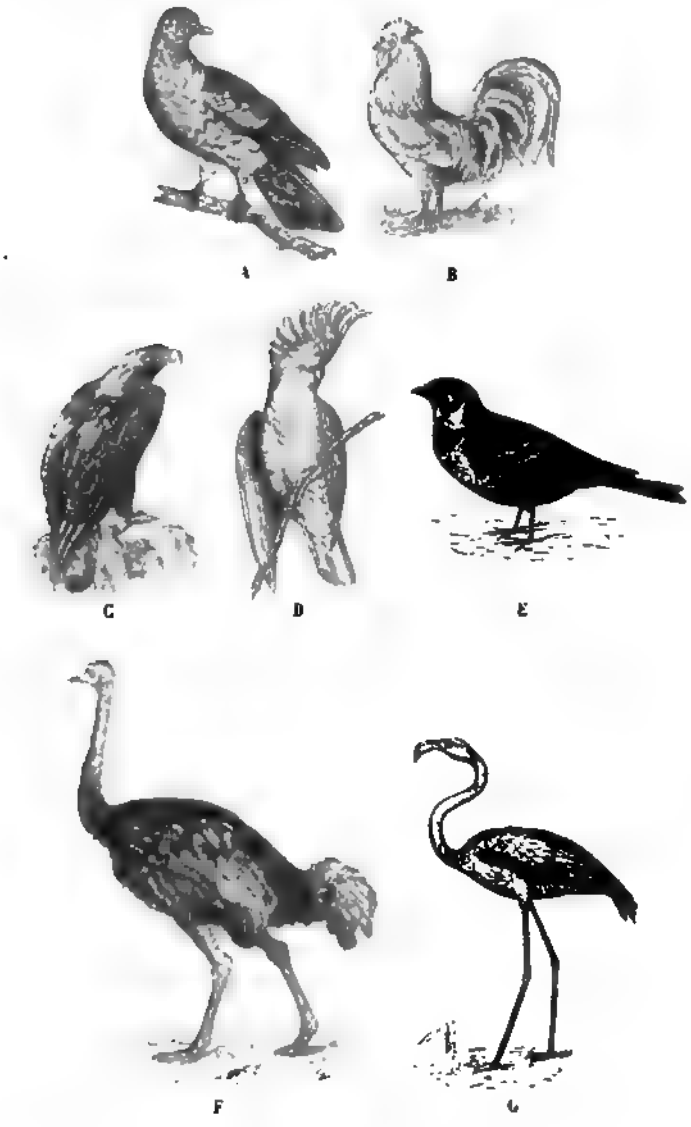


Fig. 11. — A, Pigeon; B, Gallinacé; C, Oiseau de proie; D, Perroquet; E, Passereau; F, Autruche; G, Echassier.

(fig. 11), qui constituent autant d'Ordres. Tous ces

animaux ont manifestement beaucoup de caractères communs; tous ont un bec, deux pattes, deux ailes, des plumes; tous, en un mot, sont des Oiseaux. Voici donc notre classe toute trouvée : ce sera la *Classe des Oiseaux*.

Un second exemple, maintenant; mais je serai plus bref.

Il existe un grand nombre d'animaux appartenant

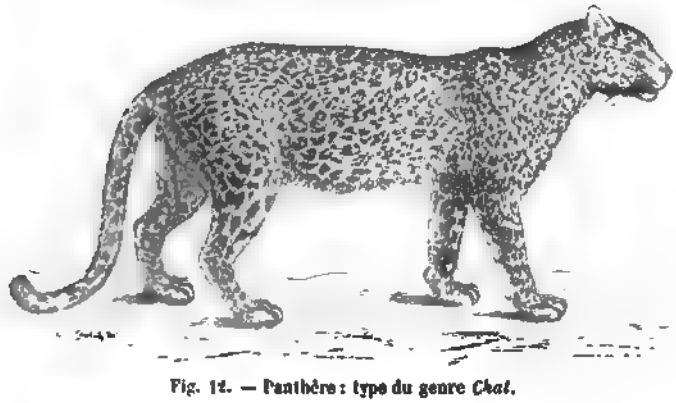


Fig. 12. — Panthère : type du genre *Chat*.

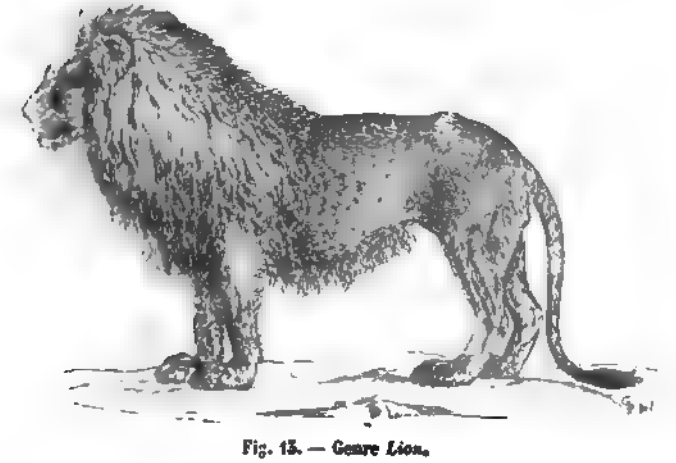


Fig. 13. — Genre *Lion*.

à des espèces tellement voisines de l'espèce du chat domestique que personne n'hésite à leur donner

aussi le nom de chat : nous avons le chat ordinaire, le chat cafre, le chat ganté, la panthère, etc., un genre *Chat*, en un mot (fig. 12). A côté de lui, les genres Lion (fig. 13), Lynx, Guépard, nous serviront à former la *Famille des Félidés ;* les Félidés, joints à la famille

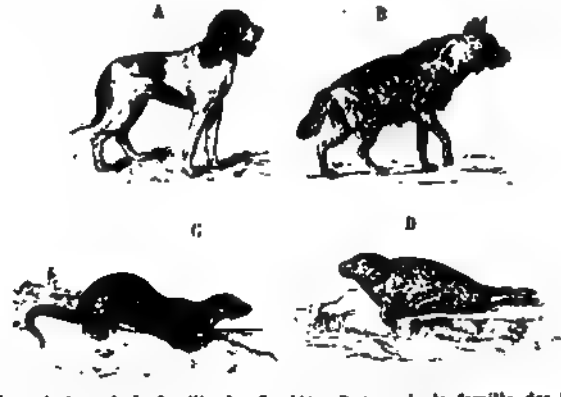


Fig. 14. — A, type de la famille des *Canidés ;* B, type de la famille des *Hyénidés*, C, type de la famille des *Mustélidés ;* D, type de la famille des *Phocidés*.

des Chiens (*Canidés*), à celle des Hyènes (*Hyénidés*), à celle des Martes (*Mustelidés*), etc. (fig. 14), nous donne-

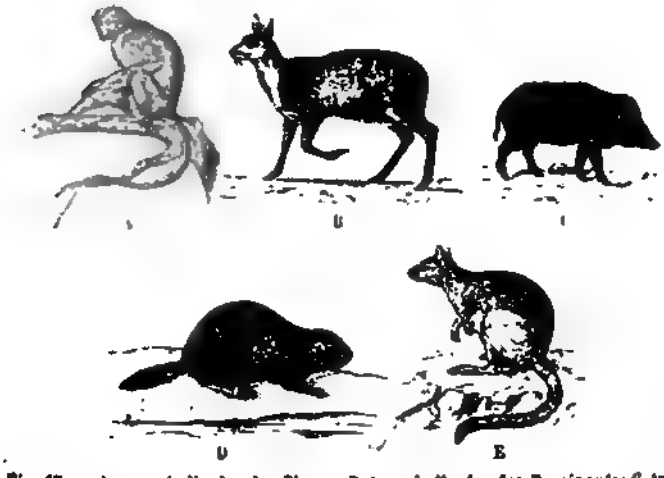


Fig. 15. — A, type de l'ordre des *Singes ;* B, type de l'ordre des *Ruminants ;* C, type de l'ordre des *Pachydermes ;* D, type de l'ordre des *Rongeurs ;* E, type de l'ordre des *Marsupiaux*.

ront l'*Ordre des Carnassiers;* puis, en réunissant à cet ordre celui des Singes, celui des animaux Ruminants, celui des animaux Rongeurs, celui des animaux Marsupiaux, etc. (fig. 15), nous arrivons à une grande catégorie d'êtres ayant quatre pattes, étant revêtus de poils, et que nous pouvons appeler pour ces raisons *Classe des Quadrupèdes pilifères* (de *pilus*, poil; *ferre*, porter).

Troisième et dernier exemple : parmi les Papillons qui visitent nos fleurs, il s'en trouve qui se ressemblent complètement, sauf la taille et les couleurs : nous ferons avec eux le Genre *Papillon;* d'autres en diffèrent par la forme des ailes, de leurs échancrures, etc. : ce seront, par exemple, les genres *Coliade*, *Sylvain*, *Vanesse*, etc. (fig. 16). Tous ces genres réunis constitueront une famille, dont

Fig. 16. — A, genre *Papillon;* B, genre *Vanesse;* C, genre *Coliade;* D, genre *Sylvain.*

les ailes brillantes ne s'étalent qu'au grand jour, et que nous appellerons pour cette raison *Famille des*

Fig. 17. — A, type de la famille des *Crépusculaires;* B, type de la famille des *Nocturnes.*

Diurnes; avec celle-ci, deux autres familles, les Crépusculaires et les Nocturnes (fig. 17), viendront com-

poser un *Ordre des Lépidoptères* (λεπίς, *lépis*, écaille; πτέρον, *ptéron*, aile), ainsi nommés à cause des petites écailles qui recouvrent, chez tous, leurs quatre ailes

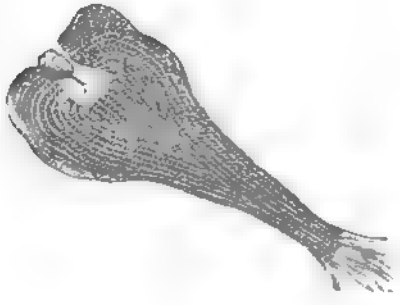


Fig. 18. — Écaille de l'aile d'un Papilion (Piéride du chou), très grossie.

(fig. 18). En rangeant à côté des Lépidoptères les Scarabées, les Abeilles, les Mouches, etc. (fig. 19), nous

Fig. 19. — A, type de l'ordre des *Coléoptères*; B, type de l'ordre des *Névroptères*; C, type de l'ordre des *Orthoptères*; D, type de l'ordre des *Hyménoptères*; E, type de l'ordre des *Diptères*.

arrivons à un grand nombre d'animaux présentant entre autres caractères communs celui d'avoir trois paires de pattes; nous les désignerons tous sous le nom de *Classe des Insectes*.

Mais, veuillez le remarquer, nous ne sommes arrivés, par cette voie graduelle, en envisageant les seuls caractères extérieurs, et, pour ainsi dire, en ne nous aidant que du seul bon sens, qu'à établir les Classes. Comment, maintenant, nous élever de la Classe à l'Embranchement? L'apparence générale ne nous

suffit plus. A première vùe, un Chat diffère autant d'un Canard qu'un Canard d'un Papillon. Que dis-je! aux yeux de beaucoup de personnes, un Oiseau-mouche se rapprochera singulièrement d'un Papillon!

Mais nous n'avons jusqu'à présent considéré que les caractères extérieurs : la forme générale, le nombre des membres, le revêtement qui protège la peau. Pourquoi donc nous en tenir là? Sous cette peau est caché l'être, et c'est l'être lui-même qu'il faut connaître. Dans l'étude des mécanismes animés si divers que nous allons rencontrer, nous trouverons, sans doute, des caractères pour rapprocher ou éloigner les animaux, et ces caractères seront les meilleurs, puisqu'ils seront pris dans l'organisation intime de l'être, et tirés, c'est bien le cas de le dire, des entrailles du sujet.

Nécessité de l'Anatomie et de la Physiologie.

Nous sentons donc la nécessité de prendre un scalpel, d'ouvrir le corps des animaux, d'en scruter les organes, d'en faire, en un mot, l'Anatomie (ἀνατέμνω, *anatemno*, couper, inciser). Mais que serait, je vous prie, une science qui consisterait à décrire ici des leviers plus ou moins solides, là des cavités plus ou moins contournées, ailleurs des tubes, des filaments plus ou moins complexes, sans que nous puissions savoir à quoi servent ces leviers, ces cavités, ces tubes, ces filaments? Vous le comprenez, l'étude de l'usage des parties doit suivre immédiatement leur description, et, à vrai dire, sans la connaissance au moins générale de ces usages, nous ne pourrions pas nous entendre; du reste, les noms d'organes digestifs, d'organes respiratoires, etc., indiquent bien l'union étroite de la science des organes

ou *Anatomie*, et de la science de leurs usages ou *Physiologie* (φύσις, *physis*, nature).

Mais revenons à notre sujet ; nous avons là un Pilifère, un Oiseau, un Insecte. Ouvrons-les, faisons-en ensemble une *dissection* grossière. Or, je trouve immédiatement, dans les deux premiers, un cœur, des poumons, que l'insecte ne nous présente pas; en revanche, voici, dans celui-ci, des parties que nous chercherions en vain dans le pilifère et dans l'oiseau. Mais entre toutes ces différences il en est

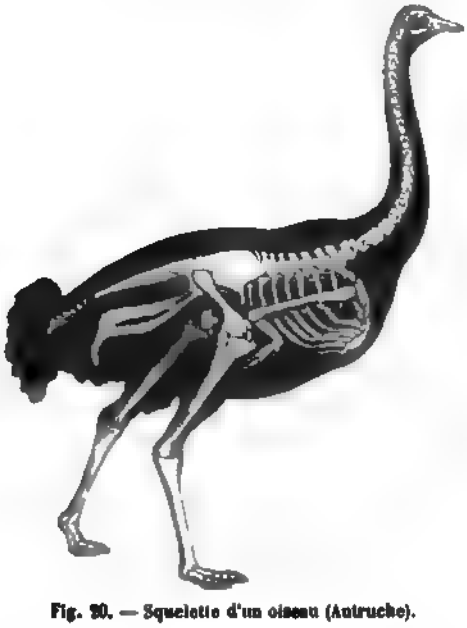


Fig. 20. — Squelette d'un oiseau (Autruche).

une qui doit surtout nous frapper. En dedans du corps de l'Insecte, nous ne trouvons que des parties molles, que nous pouvons sans effort broyer et enlever. Dans le Pilifère, dans l'Oiseau, au contraire, voici tout un ensemble de parties dures, d'os, comme on les appelle, et ces os constituent un *squelette*, un

squelette intérieur (fig. 20). Parmi ces os, il en est de particulièrement remarquables; c'est une sorte de chapelet de petites parties se ressemblant beaucoup les unes aux autres, et qui règnent à la région supérieure du corps. Ces parties, on les nomme *Vertèbres;* leur ensemble constitue la *Colonne vertébrale*. Elles sont, ai-je dit, particulièrement remarquables : c'est qu'en effet, chez certains animaux, elles constituent à elles seules le squelette intérieur, comme il arrive chez les serpents, par exemple.

Or, l'existence ou l'absence des vertèbres est en rapport constant avec un grand nombre de caractères intérieurs et extérieurs, qu'elles dominent, pour ainsi dire. Vous ne serez donc pas étonnées d'apprendre que ces vertèbres aient donné leur nom à l'embranchement des êtres qui les possèdent. Ainsi notre Pilifère et notre Oiseau seront réunis l'un à l'autre dans l'*Embranchement des Vertébrés*, tandis que l'Insecte restera, en attendant une étude plus approfondie, dans le grand ensemble des animaux *Invertébrés*.

Voici un exemple, et le plus saisissant peut-être, de la nécessité des études anatomiques pour l'établissement de la classification; mais je dois vous dire maintenant que l'anatomie elle-même ne suffit pas toujours.

Nécessité de l'Embryologie.

Examinons, en effet, une Chenille et un Papillon (fig. 21) : au point de vue anatomique, comme sous le rapport des formes extérieures, nous serons amenés à séparer notablement l'un de l'autre ces deux êtres si différents. Nous en ferions autant en comparant une Grenouille avec un Têtard (fig. 22). Et cependant la Chenille deviendra Papillon, le Têtard deviendra Grenouille. Vous voyez donc qu'il est nécessaire de suivre

l'animal dans toutes les phases de sa vie, d'étudier ses formes extérieures et son anatomie à toutes les périodes de son existence. Nous verrons ainsi d'abord

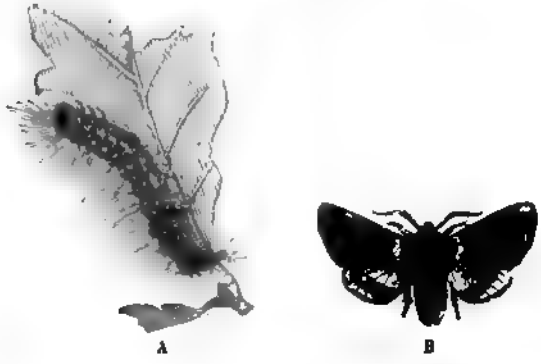


Fig. 21. — A, Chenille; B, Papillon (Bombyx processionnaire).

que les êtres changent notablement aux différentes phases de leur vie ; ensuite, que des êtres qui se res-

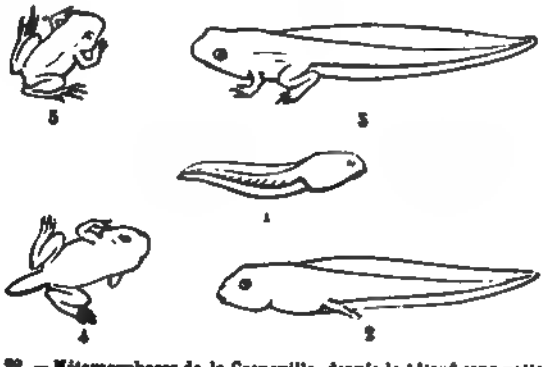


Fig. 22. — Métamorphoses de la Grenouille, depuis le têtard sans pattes (1) jusqu'à la petite grenouille sans queue (5).

semblent beaucoup à une certaine époque de leur développement diffèrent l'un de l'autre à une époque soit antérieure, soit postérieure.

Cette étude, qu'il faut poursuivre jusque dans l'œuf même où se cache la première apparition de

l'animal, cette étude, dont je ne puis ici qu'indiquer le nom et faire sentir en quelques mots l'importance, s'appelle l'histoire de l'embryon, l'*Embryologie* (ἔμβρυον, *embryon*, embryon), ou l'histoire de l'évolution.

Voici donc notre difficile problème enfin résolu. Nous avons en main trois moyens d'action, avec lesquels nous pouvons établir les groupes de premier rang, les embranchements, et aussi les groupes inférieurs, sur des bases solides. Ces trois moyens sont, pour nous résumer :

L'étude des caractères extérieurs, ou la *morphologie* (de μορφή, *morphè*, forme) ;

L'étude des caractères intérieurs, ou l'*anatomie;*

L'étude de l'évolution, ou l'*embryologie.*

Telle est la marche modeste, mais sûre, qui nous mènera à établir la classification animale, en commençant par les groupes de moindre valeur. Le bon sens suffit pour nous faire rapprocher les uns des autres les êtres qui se ressemblent le plus, en empruntant, pour la mesure de ces ressemblances, des notions aux formes extérieures, aux formes intérieures, aux formes transitoires.

Méthode philosophique.

Mais il est, vous ai-je dit, une autre façon de procéder, une marche plus audacieuse, mais plus périlleuse aussi, pour déterminer les catégories d'ordre supérieur, les Embranchements, par exemple. C'est la voie philosophique, dans laquelle l'esprit précède l'œil, le raisonnement précède la constatation.

L'animal, avons-nous dit, est caractérisé principalement par la sensibilité et par la volonté : or, nous verrons que ces grandes facultés ont pour ministre un ensemble de parties auxquelles on donne le nom

de *Système nerveux*. On conçoit donc que les modifications de structure de ce système aient une importance primordiale dans la constitution de l'animal; on conçoit qu'elles doivent constituer des caractères dominateurs et entraîner avec elles des modifications nombreuses dans les autres parties du corps. On peut donc espérer de trouver, dans la seule étude du système nerveux, des caractères de premier rang, qui permettent de déterminer sûrement les catégories primordiales, les Embranchements.

Ainsi fit Cuvier, et je vous dirai dans la prochaine leçon à quels résultats cette méthode a conduit la science. Mais il faut bien savoir que son application est des plus dangereuses; qu'elle livre la classification du règne animal à toutes les rêveries théoriques d'imaginations plus ardentes que sûres, et qu'on a dû y renoncer dans l'établissement même des Classes, des groupes de second rang.

Quoi qu'il en soit, c'est à l'aide de tous ces moyens qu'on est parvenu à établir une classification dans laquelle il n'y a plus aujourd'hui que des détails secondaires à modifier.

DEUXIÈME LEÇON

Constitution générale des êtres vivants. Division du règne animal en Embranchements. Les éléments anatomiques; leur vie indépendante.

Les êtres vivants et les corps bruts.

Nous aurions dû, dans notre première leçon, nous heurter à une difficulté considérable, que j'ai laissée momentanément de côté pour y revenir aujourd'hui.

Rappelez-vous notre corail, dont on a fait tour à tour une pierre, une plante, un animal. Je vous ai dit que l'idée d'une pierre ne peut plus aujourd'hui se soutenir. Pourquoi cela?

Plaçons sous une cloche un morceau de pierre; sous une autre, une jeune plante dans un pot de terre; sous une troisième, un animal avec des aliments.

Nous pouvons laisser indéfiniment la pierre sous la cloche : ni l'air ni la pierre ne seront altérés, ou bien celle-ci aura complètement changé de nature et de composition chimique.

Pour la plante ou pour l'animal, il en est tout autrement : l'air de la cloche est rapidement modifié, la terre du pot n'est plus la même, les aliments ont disparu : et cependant la plante ou l'animal sont, sauf la taille peut-être, restés ce qu'ils étaient.

Il y a donc entre la pierre d'une part, le végétal et

l'animal de l'autre, une immense différence. L'une est inerte, les autres se modifient sans cesse et modifient ce qui les entoure. Successivement ils attirent du dehors certaines particules qu'ils s'incorporent, pour en rejeter au dehors certaines autres ; ils absorbent et exhalent, comme on dit : en un mot, ils *vivent*.

La nutrition.

Cet échange continuel avec le monde qui les entoure n'a pas lieu seulement pour les parties externes et superficielles. Non, le corps tout entier, si volumineux qu'il soit, le corps d'une baleine comme celui d'une mouche, est, dans ses plus profondes parties, le siège de transformations sans cesse actives, qui parviendraient assez rapidement à le détruire en partie, s'il ne réparait ces pertes par l'absorption extérieure ; Aussi tout être vivant doit-il se nourrir, sous peine d'épuisement et de mort.

La plante se nourrit en étendant ses racines dans un sol riche en matériaux nutritifs, qu'elle absorbe ; l'animal, en introduisant les matériaux nutritifs dans une cavité de son corps, où ils sont absorbés par des espèces de racines intérieures. Mais, si les procédés diffèrent, la réparation est au fond la même, comme est la même aussi l'usure.

Or, en quoi consiste cette usure? C'est un ensemble de phénomènes chimiques très complexes, mais qui se rattachent presque tous à un fait d'une importance capitale.

Les oxydations organiques.

Dans le cours de chimie, on vous a parlé de l'oxygène, de ce gaz qui forme un cinquième de l'air. On vous a dit qu'il est l'agent de presque toutes les combustions et que, s'il disparaissait de notre atmosphère, nous perdrions le feu et la lumière ; nous

perdrions également la vie, et avec nous tous les êtres vivants, végétants ou animés. C'est, en effet, cet oxygène qui pénètre au dedans des êtres vivants, et qui, s'unissant à la matière qui les constitue, la modifie, la brûle lentement, et entretient la vie en déterminant la mort.

Mais, et cela se comprend de soi-même, pour peu que l'animal présente quelque volume, il est impossible que l'aliment d'une part, que l'oxygène de l'autre, pénètrent directement de la surface extérieure vers les profondeurs. Il est impossible, de même, que les matières brûlées par l'oxygène, et qui doivent être rejetées, puissent sortir directement à travers toute l'épaisseur du corps. Il faut un intermédiaire qui apporte, et, à tour de rôle, emporte, et les résidus de l'usure organique et les matériaux de la réparation. Cet intermédiaire est le *Sang*.

Contenu dans des canaux de formes très variées, ce liquide se met en certains points du corps en rapport avec l'air dont il absorbe l'oxygène, qui s'y dissout : c'est là ce qu'on appelle la *Respiration*. Dans d'autres, il recueille les aliments qui, sous l'influence d'actes divers nommés *Digestion*, sont tous devenus liquides. Il emporte dans les profondeurs du corps tout entier ces matériaux réparateurs, les dépose là où il en est besoin, et reçoit en échange tout ce qui est devenu inutile, et partant dangereux. Il est, à la fois, le fleuve qui fertilise, l'égout qui purifie.

Parmi les substances qu'il emporte ainsi, les unes sont liquides ou dissoutes, et s'échappent du corps par des régions variées ; on donne à cette séparation épuratoire le nom d'*Excrétion*. Mais il est en outre

une substance gazeuse, d'une immense importance, et qui s'en va dans le lieu même et au moment même où l'oxygène pénètre dans le sang. C'est le gaz de la combustion vitale, comme il est celui de la combustion de nos lampes et de nos foyers, c'est l'*acide carbonique* (CO^2).

C'est lui qui s'échappe de notre poitrine et qui vicie l'air des chambres où nous sommes enfermés. En voici la preuve (fig. 23) : dans ce verre est une liqueur limpide : c'est de la chaux dissoute dans de

Fig. 23. — A, Eau de chaux se troublant au contact de l'air expiré ; B, Eau de chaux restant limpide au contact de l'air ordinaire.

l'eau distillée : j'y fais barboter, à l'aide d'un tube de verre, l'air qui sort de mes poumons. Vous voyez apparaître un nuage qui va en s'épaississant : c'est le produit de l'union de l'acide carbonique que j'expire avec la chaux, c'est du carbonate de chaux, de la craie, si vous aimez mieux. Si au contraire je fais, à l'aide d'un soufflet, barboter dans le liquide de l'air extérieur, il ne se produit aucun trouble.

Veuillez remarquer, comme un fait capital, que cette propriété d'absorber de l'oxygène et de rendre de l'acide carbonique est universelle dans toutes les

parties des êtres vivants. Que vous placiez sous une cloche un animal entier, ou un fragment d'animal, comme un morceau de chair, ou un fragment de végétal, comme un morceau de bois, vous observerez le même résultat. Et cependant, entre un animal entier et un végétal entier, on constate un véritable antagonisme des plus curieux et des plus importants dans l'équilibre du monde.

Antagonisme des animaux et des végétaux.

A la fin du siècle dernier, un grand chimiste anglais, Priestley, avait mis sous une cloche exposée au soleil deux souris; au bout de quelques heures, ces animaux moururent. Dans la cloche Priestley introduisit alors un pied de menthe aquatique, et, peu après, à sa grande surprise, il vit que d'autres souris pouvaient vivre dans cet air qui avait été mortel pour leurs compagnes. Le végétal avait donc vécu là où l'animal était mort; bien plus, il avait purifié l'air altéré par celui-ci.

Nous pouvons, aujourd'hui, donner l'interprétation de ce fait. Nous savons que, sous l'influence de la lumière, les parties vertes des végétaux, feuilles, écorce, jouissent de la propriété remarquable de décomposer l'acide carbonique, et d'en rendre libre l'oxygène : le carbone est fixé par la plante et sert à sa nourriture. Ainsi, les souris de Priestley avaient chargé l'air de la cloche d'un acide carbonique composé de son propre oxygène et de leur carbone; le pied de menthe, au contraire, avait détruit l'acide, repris le carbone et restitué l'oxygène. L'air devenu irrespirable aux souris avait été rendu à sa composition primitive, et le carbone du corps des souris, sorti par la respiration, avait été repris par les plantes qui en avaient profité. De là, bien évidem-

ment, nécessité pour les souris de chercher dans un aliment, fourni lui-même par une plante, le carbone réparateur, sous peine de périr.

En résumé, animaux et végétaux respirent de la même manière, en s'oxydant, en se brûlant. Mais chez ces derniers existe une matière verte qui agit en sens inverse. Le corps végétal, si vous me permettez cette comparaison, respire comme le corps animal : mais son vêtement vert fait le contraire, et le résultat total est l'opposé de la respiration animale. Encore cela n'a-t-il lieu que sous l'influence de la lumière. La nuit, la respiration des plantes est identique à celle des animaux. Il en est de même pour les parties non colorées en vert, comme les fleurs, pour les champignons et pour certaines plantes parasites qui n'ont pas de parties vertes.

Je me suis bien longuement étendu sur ces faits généraux; mais leur importance immense méritait ces détails. L'antagonisme, pendant le jour, des animaux et des végétaux, est une des grandes raisons de la pureté constante d'une atmosphère que les combustions vitales ou autres tendent sans cesse à charger d'un acide carbonique mortel.

La nécessité de la lumière pour cette purification nous montre un rapport nouveau entre le soleil et l'existence des êtres vivants. L'expérience de Priestley, dont l'interprétation nous a été rendue facile par les découvertes de Lavoisier, met donc en évidence deux des plus belles harmonies de la nature : harmonie terrestre entre les plantes et les animaux, harmonie céleste entre le soleil et la terre.

Animal théorique.

Ce que nous avons dit jusqu'ici nous suffit pour que nous nous fassions une idée générale de la

constitution du corps d'un animal. Nous pouvons même, par la pensée, créer de toutes pièces un animal théorique (fig. 24).

Quelle que soit la forme que nous lui supposions, nous creuserons d'abord dans l'épaisseur de son corps une *cavité* digestive, *un appareil de la digestion* D, où

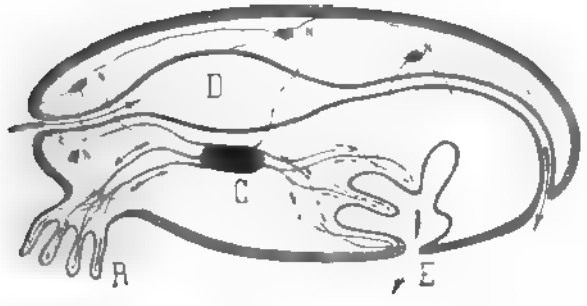


Fig. 24. — Animal théorique : D, appareil digestif; R, appareil respiratoire; E, appareil excréteur; C, appareil circulatoire; N, appareil nerveux.

s'introduiront et se dissoudront les aliments. Sur un point de sa surface, nous amincirons la membrane d'enveloppe, de façon que l'air puisse arriver plus aisément au contact du sang; ce sera l'*appareil de la respiration*, R. Ce sang, qui devra sans cesse être porté des parois de l'appareil digestif à celles de l'appareil respiratoire, pour s'en aller ensuite baigner toutes les profondeurs du corps, sera renfermé dans un ensemble de tubes ou vaisseaux, auquel on donne le nom d'*appareil de la circulation*, C. Enfin, les parties inutiles s'échapperont, grâce à l'existence de plusieurs *appareils d'excrétion*, E.

Par le jeu simultané de tous ces appareils, l'animal *se nourrit*.

Mais ce n'est pas tout; nous avons dit que sa caractéristique principale est la sensibilité jointe au

mouvement volontaire. Voici donc de nouveaux appareils, plus importants peut-être à connaître encore.

Parlons d'abord du mouvement, de l'*appareil locomoteur*.

Les moyens à l'aide desquels les animaux exécutent les mouvements ne ressemblent en rien à ceux qu'emploie notre industrie. On n'y voit ni roues, ni engrenages, ni bielles, ni manivelles. Il y existe bien, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur, des parties plus ou moins dures, des os, des carapaces; mais ces parties se meuvent les unes sur les autres, grâce à une substance qui n'a son analogue dans aucune de celles que l'homme a créées. Je veux parler du *muscle*, de la chair, de ce qu'on appelle vulgairement la viande, substance qui possède cette propriété bien remarquable de se raccourcir quand on l'excite, pour reprendre ensuite sa longueur première. Il est évident que, si un fragment d'une pareille substance est attaché par une de ses extrémités à une partie fixe, et par l'autre à une partie mobile, celle-ci devra, au moment de la contraction, être attirée, être mise en mouvement.

Je fais sous vos yeux une expérience fort simple, qui vous montre le fait avec la plus grande évidence. Voici un muscle enlevé à un animal, à une grenouille, qui venait de mourir. Il est solidement fixé à l'une de ses extrémités, mais l'autre porte un fil qui s'enroule autour d'une poulie et est tendu par un contre-poids (fig. 25). Le moindre mouvement du muscle M fait remuer une longue flèche fixée à l'axe de la poulie. Voyez, tout est immobile; je fais alors passer à travers le muscle un courant électrique, grâce à deux fils

excitateurs + et —; il est aussitôt excité, il se raccourcit, ou, comme disent les physiologistes, il *se contracte*, et l'aiguille se meut brusquement, pour

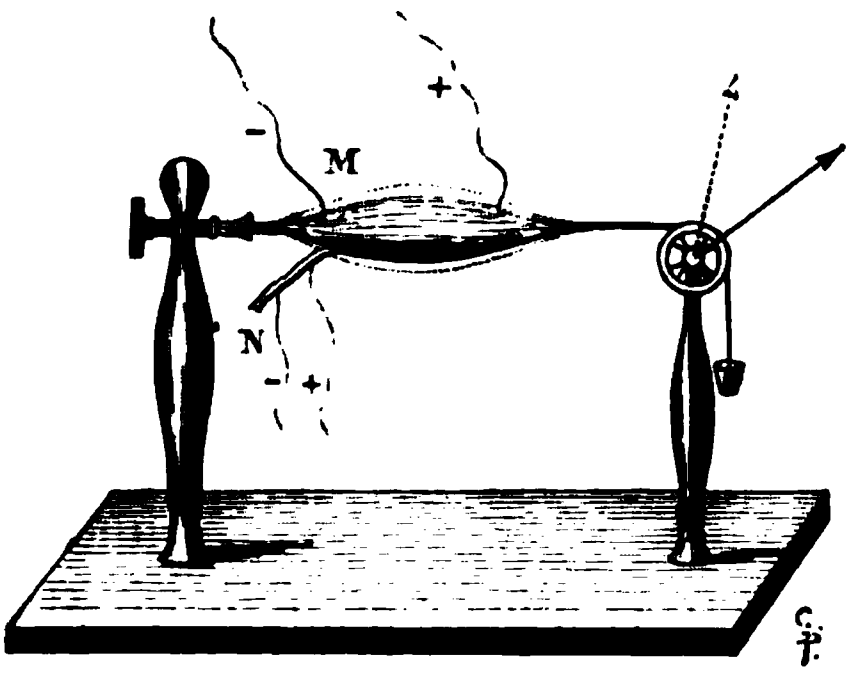


Fig. 25. — Appareil montrant le raccourcissement et le grossissement du *muscle* M, soit par l'excitation électrique directe, soit par l'excitation électrique du *nerf* N.

retomber à son point de départ aussitôt que l'excitation a cessé.

Or, ce que nous montre un muscle de grenouille, nous l'aurions vu avec un muscle d'un animal quelconque, oiseau, insecte, limaçon, sauf des différences d'ordre secondaire. La disposition des pièces solides et des parties contractiles est telle, chez les divers animaux, que de l'action de celles-ci résulte le mouvement total de l'animal.

Mais l'appareil locomoteur est, avons-nous dit, sous l'empire de la volonté. D'autre part, celle-ci n'agit souvent qu'en vertu d'une excitation extérieure, qui met en jeu la sensibilité. Or, un grand appareil est au service de ces importantes facultés. Il est constitué par ce que l'on nomme le *système nerveux*.

Il y a d'abord des parties qui sont impressionnées par les phénomènes extérieurs, par la lumière, les

sons, les attouchements, etc... : on les appelle *organes des sens*. Il y a ensuite des *nerfs*, espèces de fils comparables aux fils des télégraphes électriques, qui transmettent l'impression reçue par les sens à des parties profondément situées, et dans lesquelles réside la volonté : ces parties sont les *centres nerveux*. Puis, quand l'intelligence commande, ses ordres sont emportés par d'autres fils, d'autres nerfs, qui s'en vont les transmettre aux muscles, lesquels alors entrent en contraction.

On peut même, par un excitant quelconque porté sur le nerf, obtenir ce mouvement du muscle. Je reviens à mon expérience de tout à l'heure : vous voyez ce filament blanchâtre N, qui est suspendu au muscle : c'est le nerf. Je le touche avec la pince électrique : soudain la flèche qui dévie indique la contraction du muscle.

Résumons-nous : notre animal théorique possèdera des appareils de Digestion, de Respiration, de Circulation, d'Excrétions, qui réaliseront sa Nutrition. Il possèdera, en outre, un Appareil locomoteur, et un Système nerveux, des muscles, des nerfs, des centres nerveux, qui établiront des relations incessantes entre le monde extérieur et la volonté qui réside en lui.

Or, tous les animaux qui peuplent la terre ne sont que des modifications de notre animal théorique. Ils ne diffèrent les uns des autres que par la forme et la complexité des divers appareils, et par la manière dont ils sont juxtaposés ou enchevêtrés dans le corps. Sous une variété de réalisation presque infinie, nous pouvons donc admirer une unité remarquable.

Établissement des Embranchements.

Mais, si de ce point de vue élevé, si de la conception de cette unité du type animal, nous descendons sur le terrain des faits; si nous considérons ces appareils dans tous les animaux, les uns après les autres, nous trouvons qu'ils se disposent, en définitive, suivant cinq modes principaux. Ces modes, nous ne pouvons les ramener les uns aux autres dans l'état actuel de la science, et ils sont ainsi la raison d'établissement de ces catégories d'ordre supérieur auxquelles nous avons donné le nom d'Embranchements.

Nous établirons donc, d'abord, à l'exemple de Cuvier, quatre embranchements, qui sont :

1° Les *Vertébrés* (fig. 26), comprenant les Mammifères, les Oiseaux, les Reptiles, etc.;

2° Les *Annelés* (fig. 27), comprenant les Insectes, les Écrevisses, les Vers, les Annélides, etc.;

3° Les *Mollusques* (fig. 28), comprenant les Poulpes, les Limaces, les Huîtres, etc.;

4° Les *Rayonnés* (fig. 29), comprenant les Étoiles de mer, les Méduses, les Polypiers, etc.

Je vous donnerai plus tard les caractères complets de chacun de ces embranchements; je veux seulement dès maintenant appeler votre attention sur un caractère extérieur d'une grande importance.

Je vous présente un individu de chacun des trois premiers embranchements : une Tortue, une Libellule, un Poulpe. Remarquez que je puis avec un couteau couper un quelconque de ces animaux en deux parties sensiblement égales; chacune d'elles, il s'agit de la tortue, par exemple, possèdera un œil, une patte antérieure et une postérieure; s'il s'agit de l'insecte, une antenne, un œil, deux ailes, trois pattes, etc.... Mais, pour obtenir ce ré-

sultat, je dois faire la section dans un certain sens,

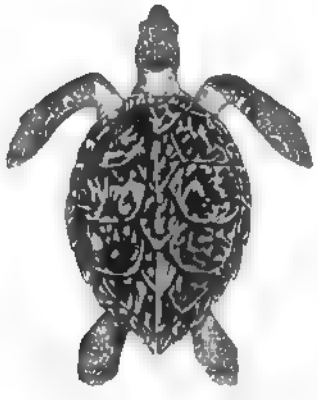


Fig. 26. — Type de l'Embranchement des *Vertébrés*.

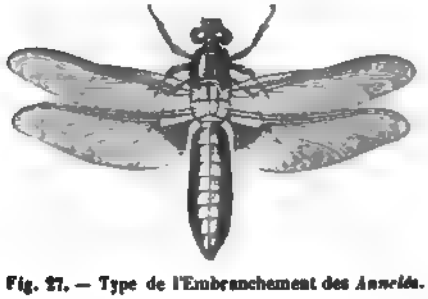


Fig. 27. — Type de l'Embranchement des *Annelés*.

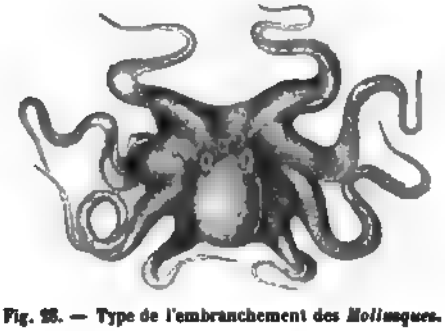


Fig. 28. — Type de l'embranchement des *Mollusques*.

dans un seul. En un mot, ce sont des animaux symétriques par rapport à un seul plan médian.

Mais voici une Étoile de mer (fig. 29), avec ses cinq bras allongés. Je puis aussi la couper de manière à

Fig. 29. — Type de l'embranchement des *Rayonnés*.

avoir deux moitiés semblables; mais, plus heureux que pour les animaux dont je viens de parler, je puis la couper de différentes manières, et chaque section qui, ayant coupé un bras dans sa longueur, tombera dans l'intervalle de deux autres bras, la divisera en deux parties sensiblement égales ; je puis faire cinq semblables sections. Voici maintenant une fleur du

Fig. 30. — Autre type de l'Embranchement des *Rayonnés*.

corail (fig. 30), avec ses huit bras; je puis y faire huit sections. Ces animaux ont donc plusieurs plans de symétrie. C'est cette disposition qui leur a valu le

nom de ***Radiaires*** (de *radius*, rayon) ou Rayonnés,

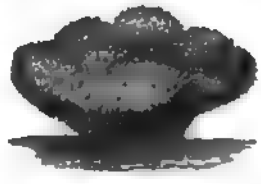


Fig. 31. — Type de l'Embranchement des *Spongiaires*.

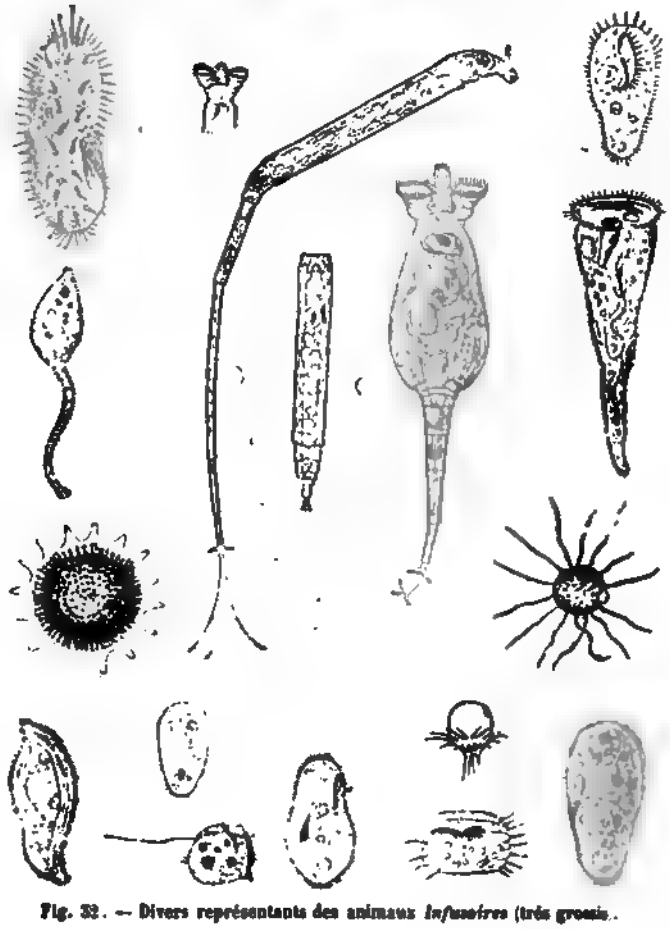


Fig. 32. — Divers représentants des animaux *Infusoires* (très grossis).

tandis que les précédents auraient pu être appelés ***Binaires*** (de *bis*, deux) ou doubles.

Mais, si nous nous bornions à ces quatre groupes, notre classification du règne animal ne serait pas complète. Il est en effet un bon nombre d'êtres qui ne sont ni symétriques binaires, ni symétriques radiaires.

Leur forme ne se laisse réduire à rien de géométrique. Comme l'Éponge commune, dont je vous présente un échantillon bien intact (fig. 31), appartient à ce groupe, on leur a donné le nom de *Spongiaires* (de *spongia*, éponge). Nous placerons, jusqu'à nouvel ordre, à côté d'eux, des animaux extrêmement petits qui peuplent en nombre infini les liquides où se sont corrompus des végétaux ou bien où ont pourri des matières animales, ce qu'on nomme souvent des infusions organiques ; on les appelle pour cette raison des *Infusoires* (fig. 32).

Nous allons maintenant passer à l'étude du premier de ces groupes, à l'étude des *Vertébrés*. Mais j'ai encore une observation d'ordre général à vous faire, observation trop importante pour être passée sous silence.

Les Éléments anatomiques.

Les diverses parties qui composent le corps d'un animal quelconque peuvent être dures comme des os, fermes comme de la chair, ou même semblables à une sorte de gelée tremblotante et transparente, comme chez beaucoup d'animaux inférieurs. Mais, quelle que soit leur consistance, toujours elles sont constituées par la juxtaposition de parties extrêmement petites, de corpuscules qu'on appelle les *éléments anatomiques*.

Tantôt ces éléments se présentent avec des dimensions sensiblement égales dans tous les sens : on leur donne alors le nom de *cellules* (fig. 33) ; nos os, notre

Il y a environ un siècle, Garengeot, chirurgien parisien, raconta qu'un individu, ayant eu le nez coupé dans une rixe, vint plusieurs heures après, le nez à la main, réclamer ses secours. Garengeot nettoya le pauvre nez, le remit soigneusement en place, et, à sa grande surprise, vit se recoller parfaitement ce malheureux organe, qu'il avait fallu ramasser dans la boue et laver avec du vin chaud. On se moqua de Garengeot; on le traita d'imposteur; son nom devint ridicule; et cependant il avait dit la vérité et observé un fait fort intéressant. Beaucoup de faits de cet ordre ont été constatés depuis, et l'on ne compte plus le nombre de nez, d'oreilles et même de doigts, qui furent remis avec succès en place après une séparation qui, dans un cas, avait duré six heures.

Mais on connaît maintenant des choses plus surprenantes encore. On sait que ce n'est pas seulement pendant des heures, mais pendant des jours, que la vie se conserve dans des parties séparées du corps. Je veux vous citer, à titre de preuve, une expérience dont l'énoncé vous fera peut-être sourire; mais, de votre part, et dans cette enceinte, je n'ai pas à craindre les railleries qui ont autrefois poursuivi Garengeot. Voici l'expérience. Je prends un petit rat, tout jeune; je lui coupe la queue sur une longueur de 2 centimètres (fig. 36, A), et j'enferme soi-

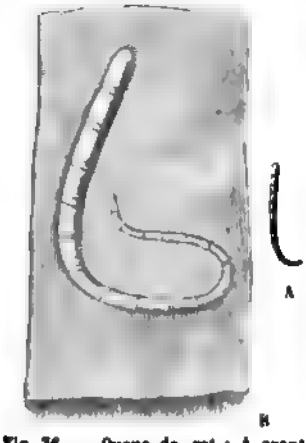


Fig. 36. — Queue de rat : A avant, et B après, la greffe.

gneusement cette queue dans un tout petit flacon. Ceci fait, je laisse le flacon sur cette table ou même sur cette fenêtre. Nous sommes en hiver, la température est assez basse ; dans huit jours, je vous l'affirme, cette queue de rat sera encore vivante. Et comment vous le prouverai-je ? En la remettant en place ? Cela serait trop difficile. Non ; je ferai à la peau du dos de mon rat, ou de tout autre animal de la même espèce, un petit trou, et dans cette sorte de loge j'introduirai le fragment de queue, préalablement dépouillé de sa peau. Or, dans sa condition nouvelle, je le verrai vivre, grandir, si bien que six mois après, par exemple, il mesurera 5 centimètres (fig. 36, B), au lieu des deux centimètres qu'il mesure aujourd'hui. J'obtiens avec une patte le même résultat (fig. 37). Et notez que ces parties qui ont été séparées du corps se développeront dans leur position nouvelle, exactement suivant le même plan, et dans le même temps, que si elles étaient restées à leur place normale.

Fig. 37. — Patte de rat : A avant, et B après, la greffe.

J'avais donc raison de vous dire que chaque partie du corps vit d'une vie personnelle. Et par chaque partie il faut entendre non pas seulement chaque organe, chaque membre, mais chacun de ces éléments anatomiques, dont la réunion constitue l'organe, le membre, et finalement le corps. Celui-ci est donc comme une sorte de république composée de milliers de citoyens : chacun de ces citoyens est vivant, et c'est la réunion harmonique, le concours pacifique de tous ces citoyens vivants, qui constitue la vie de la société tout entière.

Car, dans cette république non plus que dans aucune autre, les citoyens ne peuvent indéfiniment vivre isolés. Chacun travaille pour soi, à coup sûr, mais aussi chacun travaille pour la prospérité de l'ensemble, et avec les ressources que lui fournit l'ensemble. La patte de rat vit un certain temps, parce qu'elle a des ressources acquises, une sorte de magasin de nourriture qu'elle porte avec elle. Celui-ci épuisé, elle périra. Mais, quand elle était en place, le sang lui apportait incessamment des matériaux nouveaux, et renouvelait les produits de l'usure; il lui en arrive la même chose, par une voie détournée, lorsqu'on la remet sous la peau, au milieu des sucs de l'animal, qui la nourrissent. Or, ce sang était fabriqué et entretenu par d'autres organes auxquels la patte rendait à son tour le service d'aller chercher et d'appréhender des aliments formateurs du sang.

Ainsi tout se tient, se lie, s'harmonise en action dans un être vivant ; l'intégrité du tout est la condition de la vie régulière de chaque partie. Ce qui n'empêche pas chaque partie d'avoir sa raison d'être en elle-même, de s'entretenir et de se développer par une vertu propre qui est précisément la *vie*. Celle-ci, on le voit, réside dans chaque particule du corps. Voici un Bœuf tué d'un coup de masse. La vie générale, l'harmonie résultant de l'action simultanée des vies élémentaires a disparu : celles-ci non, et elles persisteront tant que ne sera pas épuisé le magasin de nourriture que chaque cellule porte en soi.

TROISIÈME LEÇON

Caractères généraux des Vertébrés.
Leur division en Classes. Mammifères : Forme, Peau, Squelette.

Nous entrons aujourd'hui dans l'étude du grand Embranchement des Animaux Vertébrés. C'est un animal choisi dans ce groupe qui nous servira à donner de la précision aux notions d'Anatomie et de Physiologie générales dont je vous ai entretenues dans notre seconde leçon. Et comme, au point de vue anatomique, l'espèce humaine fait partie des Vertébrés, cette étude aura pour nous un intérêt tout particulier, puisque, sauf quelques points de détail que nous devrons négliger, elle nous enseignera la structure et l'harmonie fonctionnelle des diverses parties de notre propre corps.

Animal vertébré théorique.

Je veux d'abord vous donner d'une manière théorique une idée générale de ce qu'est un animal vertébré. L'animal dont je vais tracer devant vous une figure grossière n'existe nulle part, mais c'est une sorte de type idéal que nous pourrons modifier à notre gré, dans ses caractères secondaires, pour en faire un quelconque des animaux vertébrés.

En considérant d'abord la charpente plus ou moins solide et osseuse qui se cache sous son en-

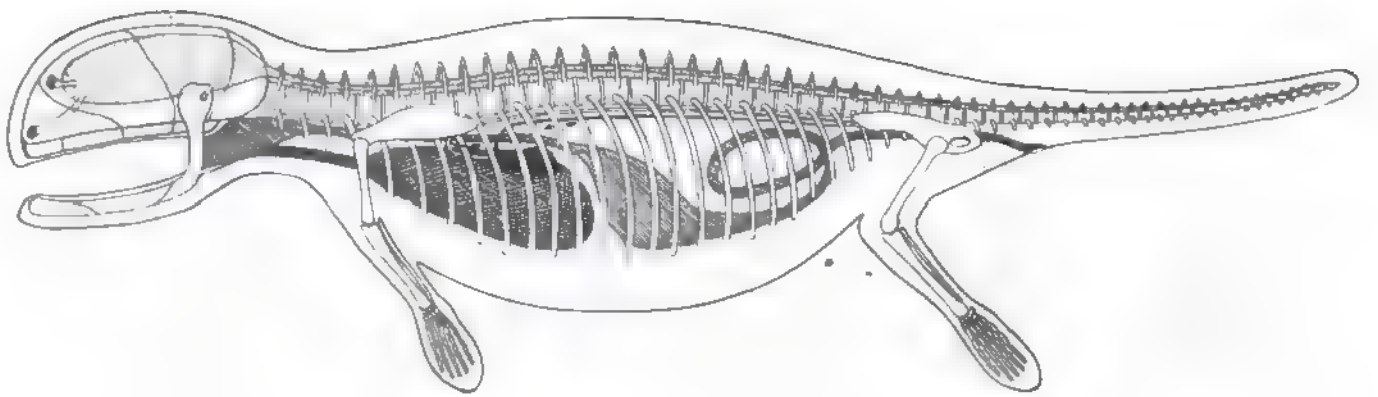


Fig. 38. — Animal vertébré théorique, montrant : la *Colonne vertébrale*, qui se renfle pour former le *Crâne*; le squelette des *Mâchoires* et des *Membres*; la *Moelle épinière* qui se renfle pour former l'*Encéphale*; le *Tube digestif*, situé tout entier au-dessous de la moelle épinière et de l'encéphale; l'*Appareil respiratoire*, s'ouvrant sur le plancher de la bouche; le *Cœur*, et son principal vaisseau *afférent* et *efférent*; les trois *organes sensoriels* spéciaux (organe olfactif, œil, oreille), en communication avec l'encéphale.

veloppe cutanée, nous trouvons, en premier lieu, une série longitudinale de pièces nommées *Vertèbres*, d'où la désignation d'Embranchement des Vertébrés. Ces pièces sont comme autant d'anneaux placés à la file les uns des autres, anneaux qui posséderaient chacun un gros chaton, dit *Corps* de la vertèbre (fig. 39). Quelques-uns de ces anneaux, sur la partie médiane du corps, portent des pièces latérales ou *Côtes*. A la partie antérieure de la colonne, les anneaux s'agrandissent et se renflent considérablement pour constituer le *Crâne*.

Fig. 39. — Type de *Vertèbre*.

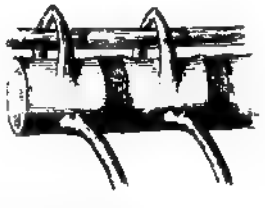


Fig. 40. — Deux vertèbres juxtaposées, montrant les *arcs vertébraux* où passe la *moelle épinière*.

Sur ces pièces osseuses, solides, seront appliquées des masses musculaires destinées à les mouvoir; et ces muscles déterminent la forme générale du corps, forme symétrique, comme nous l'avons déjà dit. Enfin, une peau, bien distincte des parties sous-jacentes, limite et protége le tout.

Les anneaux vertébraux juxtaposés forment ainsi une sorte de canal, le *Canal vertébral* (fig. 40), qui, en avant, débouche dans la cavité même du crâne; c'est dans cette cavité, dans ce canal, que se trouvent chez notre animal, cachées, protégées, les parties centrales du système nerveux. De là partent les nerfs, qui rayonnent dans le corps tout entier, qui vont à la

peau, qui plongent dans les masses musculaires destinées à faire mouvoir les pièces vertébrales ou les membres. Parmi ces nerfs, il en est de particulièrement remarquables qui se rendent à des organes sensoriels : yeux, oreilles, etc.

A cet animal nous pourrons donner des membres, mais au nombre de deux paires au plus; ils sont soutenus par une charpente osseuse.

Le tube digestif, situé tout entier au-dessous du système nerveux central et même de la série des vertèbres, présentera deux ouvertures fort éloignées l'une de l'autre ; l'ouverture antérieure, ou bouche, sera garnie de deux mâchoires qui jouent l'une sur l'autre dans le sens vertical.

L'appareil de la respiration sera en rapport avec le fond de la bouche; tantôt il sera un organe creux, ou *Poumon*, dans lequel entrera l'air pour aller au-devant du sang; tantôt il sera composé de saillies plus ou moins compliquées ou *Branchies*, où le sang ira au-devant de l'air dissous dans l'eau où elles flotteront. Près de lui un organe impulseur, un *Cœur*, déterminera la circulation rapide d'un sang rouge dans des tubes ou vaisseaux de divers calibres, mais bien déterminés et clos.

Tel sera notre type d'animal vertébré. Et maintenant, modifiez de mille façons la forme générale du corps et le revêtement cutané; supprimez les membres ou bien allongez-les; donnez-leur la forme de bras, de pattes, d'ailes, de nageoires; disposez l'appareil respiratoire pour la respiration aérienne ou aquatique, et vous passerez facilement de notre type idéal à quelqu'une de ses réalisations : chat, oiseau, serpent, poisson, etc. Trois caractères seulement seront

restés invariables, et chez tous nous retrouverons :

1° La série des corps et des anneaux vertébraux ;

2° Le système nerveux central, composé d'une tige renflée en avant, situé tout entier au-dessus de la colonne vertébrale, dans le canal vertébral ;

3° L'appareil digestif, ouvert aux deux extrémités du corps, et situé tout entier au-dessous de la colonne vertébrale.

Division en Classes.

Ce sont là les caractères immuables de l'Embranchement des Vertébrés. Mais les modifications de forme de ces appareils et celles des appareils de la respiration et de la circulation seront telles, que nous pourrons, grâce à elles, et grâce aussi à la configuration extérieure des animaux, établir d'une manière sûre les divisions primordiales de l'Embranchement des Vertébrés, les Classes, comme nous les avons appelées.

Ces Classes seront au nombre de cinq :

1° Les animaux que nous avons appelés provisoirement *Quadrupèdes Pilifères*. Mais nous verrons que toutes les analogies anatomiques nous forcent à placer dans cette classe des animaux qui, comme la baleine, les marsouins, etc., ne sont pas quadrupèdes, et ont la peau à peu près nue. Il faut donc renoncer à ce nom. Or, comme l'un des caractères communs à tous les animaux de ce groupe est de nourrir avec du lait leurs petits nouveau-nés, on leur a donné le nom de *Mammifères*, qui rappelle l'organe formateur de cette substance nutritive ;

2° Les *Oiseaux ;* ce nom n'a pas besoin de commentaires ;

3° Les *Reptiles ;* ce sont les crocodiles, les lézards, les serpents, les tortues ;

4° Les *Batraciens*, comme les grenouilles, les salamandres, les axolotls, etc.;

5° Les *Poissons*.

MAMMIFÈRES

Je vais insister longuement sur l'histoire anatomique et physiologique de cette classe. C'est elle, en effet, qui nous fournit presque tous nos animaux domestiques, ceux qui nous servent d'aliment comme ceux dont les dépouilles constituent nos vêtements, et ceux qui nous apportent le secours de leur force. Bien plus, c'est à elle qu'anatomiquement appartient l'homme, et les faits dont je vais vous entretenir pendant plusieurs leçons seront presque tous vrais pour notre espèce, comme pour celle de l'animal que j'aurai choisi pour type dans ma description.

LA FORME

Forme des animaux Mammifères.

Étudions d'abord l'apparence extérieure et la forme générale. Et supposons que, parmi les Mammifères, nous ayons sous les yeux un Chat (fig. 41). La tête est supportée par un cou d'une longueur moyenne, mais bien nettement accentué. Sur cette tête, deux oreilles saillantes, mobiles; en avant, deux yeux que protègent deux paupières mobiles, l'une supérieure, l'autre inférieure; plus en avant encore, deux orifices nasaux; enfin, au-dessous, la gueule, où se voit une langue charnue très mobile, au milieu de mâchoires dont les arcades sont garnies de dents;

la mâchoire supérieure est immobile; l'inférieure seule se meut dans le sens vertical.

Le corps, terminé par une longue queue, est supporté par deux paires de membres, l'une antérieure, l'autre postérieure. Chacun de ces membres se compose d'une partie fixe et d'une partie libre et mo-

Fig. 41. — Type de *Mammifère*.

bile. Au membre antérieur, la partie fixe se nomme l'*épaule;* la partie libre est elle-même composée de trois segments : le *bras*, l'*avant-bras*, la *main*. Au membre postérieur, la partie fixe est le *bassin;* la partie libre a aussi trois segments : la *cuisse*, la *jambe*, le *pied*. Il est à remarquer que le bras et l'avant-bras, d'un côté, la cuisse et la jambe, de l'autre côté, se dirigent dans un sens inverse, de telle sorte que le *coude* est tourné en arrière, le *genou* en avant; mais pour la main et le pied la disposition devient semblable et révèle une analogie que l'étude du squelette viendra compléter.

La main et le pied se terminent par des *doigts*, et ces doigts par des *ongles*. Chez notre Chat, les doigts antérieurs sont au nombre de cinq, les postérieurs seulement au nombre de quatre; mais certains Mammifères, les Singes et l'Homme, en particulier,

Fig. 42. — A, Main à 5 doigts (homme); B, à 4 doigts (sanglier); C, à 3 doigts (rhinocéros); D, à 2 doigts (bœuf); E, à 1 doigt (cheval).

en présentent cinq aux quatre membres. Il n'y a jamais plus de cinq doigts. Certains mammifères n'en ont que trois, comme les Rhinocéros, ou que deux, comme les Bœufs, ou même qu'un, comme les Chevaux (fig. 42).

Le doigt placé au côté interne du pied ou de la main, c'est-à-dire au côté le plus rapproché du milieu du corps, est appelé *pouce;* les autres sont numérotés à partir du pouce : 2e, 3e, 4e, 5e doigt. Or, l'ordre suivant lequel ces doigts disparaissent quand la main se simplifie, en passant, par exemple, du type à cinq doigts (homme) au type à un doigt (cheval), est toujours le même, fait fort remarquable. Le premier doigt qui disparaît est le pouce, qui manque à la patte postérieure de notre chat; puis s'en va le 5e doigt; puis le 2e, et le 4e enfin; de sorte que le doigt unique des chevaux est le 3e doigt, le doigt du milieu.

Tel est un Chat, tels sont, sous le rapport des formes, la plupart des Mammifères. Sans doute, il existe entre eux des différences notables, qui per-

mettent au premier coup d'œil de les distinguer, et servent de bases aux classifications. Mais, au point de vue très général où nous sommes placés, elles n'ont que fort peu d'intérêt ; la longueur des oreilles, du cou ou de la queue, les proportions relatives du corps et des membres, peuvent varier singulièrement, sans qu'il en résulte de notables modifications dans la structure même de l'être. J'ajourne donc leur étude jusqu'au moment où nous nous occuperons de distinguer les Mammifères en Ordres et en Familles.

Cependant, il est des variations dans les caractères extérieurs que je ne puis ici passer sous silence. Je viens de vous parler de la variabilité du nombre des doigts. Celui des membres eux-mêmes n'est pas absolument constant. Il est, en effet, des Mammifères qui

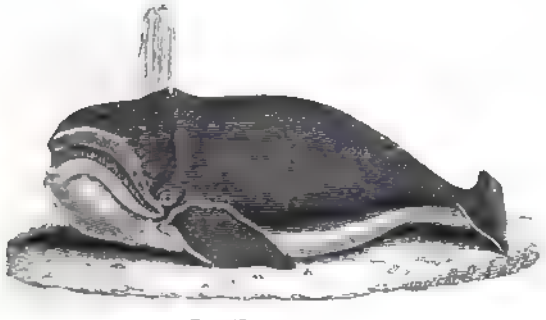


Fig. 43. — Baleine.

n'ont que deux paires de membres, les membres postérieurs ayant disparu : ce sont les Baleines, les Marsouins, etc., dont on a fait l'ordre des Cétacés ; chez eux, le corps, qui ressemble à celui d'un poisson, se termine par une nageoire transversale, et les pattes de devant, aplaties, sont transformées en une sorte de rame (fig. 43).

Cette transformation des membres en nageoires se

remarque chez d'autres Mammifères, comme chez les Phoques (fig. 44) et autres nageurs. Il est encore plus

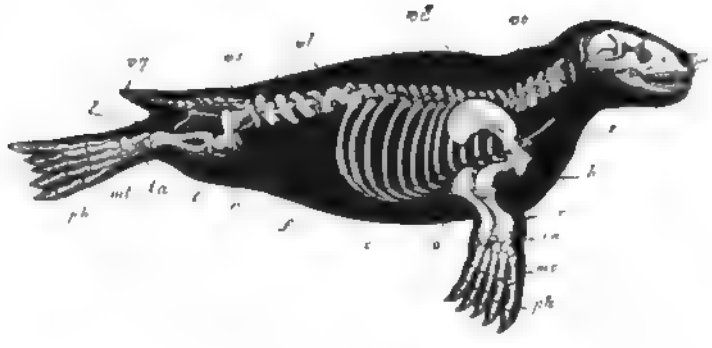


Fig. 44. — Squelette de *Phoque*. (Les lettres désignent par leurs initiales les différents os.)

curieux de voir que certains Mammifères sont munis d'ailes membraneuses qui leur permettent de voler assez bien. Les modifications des membres antérieurs et postérieurs nécessaires pour arriver à ce résultat sont à leur maximum de développement chez les

Fig. 45. — Squelette de *Chauve-Souris*. (Les lettres désignent par leurs initiales les différents os.)

Chauve-Souris (fig. 45). Mais je ne pourrais insister davantage sans empiéter sur autre partie de nos leçons.

J'en ai dit assez aujourd'hui pour vous montrer dans quelles limites varie la forme des animaux mammifères.

LA PEAU

Derme et épiderme.

La peau qui revêt le corps de notre *Mammifère* est elle-même recouverte de *poils*. Cette peau est mobile; on peut aisément, et sans produire de graves désordres anatomiques, la séparer du corps. Elle présente

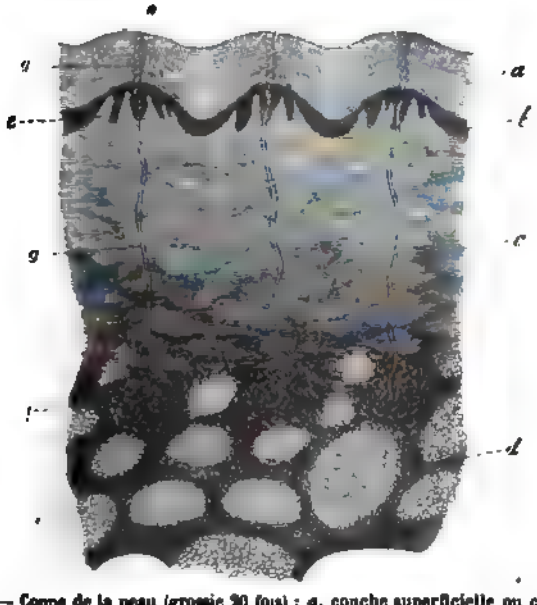


Fig. 46. — Coupe de la peau (grossie 30 fois) : *a*, couche superficielle ou *cornée* de l'épiderme; *b*, sa couche *muqueuse*; *c*, *derme*; *d*, tissu *sous-cutané* dans lequel se trouvent de petites masses graisseuses, *e*; *f*, glandes de la *sueur*; *g*, leur canal excréteur; *h*, leur orifice.

une certaine épaisseur, et, si nous la coupons dans le sens de cette épaisseur, nous la trouvons composée de deux couches (fig. 46).

La plus profonde contient des nerfs et des vaisseaux sanguins nombreux; sa surface libre est hérissée de

petites saillies que l'on nomme *papilles* (fig. 47). Dans beaucoup de ces papilles se termine un filet nerveux; c'est à elles que la peau doit son exquise sensibilité; nous en reparlerons quand nous en arriverons à l'étude des sensations. Sur les papilles se voient plusieurs rangées de cellules; les plus profondes sont régulièrement disposées et présentent la forme ovoïde; mais, plus on s'élève, et plus elles deviennent irrégulières, aplaties. A la surface libre de la peau, elles ne sont plus que de petites écailles qui se détachent sans cesse, et qui sans cesse sont remplacées par les nouvelles cellules formées dans les profondeurs.

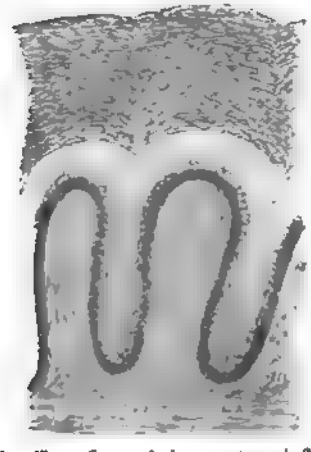


Fig. 47. — Coupe de la peau (grossie 250 fois), montrant les variations de forme des cellules de l'épiderme, depuis la couche muqueuse qui revêt les papilles du derme, jusqu'à la surface extérieure.

On donne à cette couche qui se renouvelle continuellement, et où ne se trouvent ni nerfs ni vaisseaux, le nom d'*épiderme* (ἐπί, *épi*, sur: sur le derme), parce que le nom de *derme* (δέρμα, *derma*, peau) appartient à la couche profonde.

Les cellules de l'épiderme, comme je viens de vous le dire, ne sont pas identiques dans toute leur épaisseur. Les plus profondes, qui sont les plus jeunes, et naissent incessamment au contact du derme, sont molles, demi-liquides et plus ou moins ovoïdes (fig. 48, A); elles constituent ce qu'on appelle la *couche muqueuse* de l'épiderme.

Ces cellules présentent, au maximum de netteté, la

structure type d'une cellule complète, c'est-à-dire qu'on y voit une *membrane d'enveloppe*, un *liquide* épais contenant des *granulations* extraordinairement fines, un *noyau*, et dans l'intérieur de celui-ci un *nucléole*. Je vous dirai en passant que, dans beaucoup d'espèces de cellules, le contenu est demi-solide, et la mem-

Fig. 48. — Cellules de l'épiderme très grossies : A, jeunes, dans la couche profonde, gonflées de liquide, montrant le *noyau* et le *nucléole* ; B, vieilles, des couches superficielles, aplaties, avec noyau à peine reconnaissable.

brane d'enveloppe, qui n'en est qu'un épaississement, ne se distingue pas de la masse ; l'existence de cette membrane n'a donc pas grande importance. Il en est autrement du noyau, qui ne manque jamais, au moins dans les cellules encore jeunes.

Dans les couches superficielles, dites *cornées*, de l'épiderme, le liquide intra-cellulaire disparaît, et, leurs dimensions verticales diminuant de plus en plus, elles ne sont plus à la surface que de petites écailles desséchées qui se séparent sous forme de poussière insensible (fig. 48, B).

Chez l'homme, les cellules de l'épiderme ont, dans la couche muqueuse, environ $0^{mm},01$ de haut et $0^{mm},005$ de large ; dans la couche cornée, elles n'ont guère en moyenne que $0^{mm},005$ d'épaisseur, avec $0^{mm},025$ de dimension transversale. Le noyau mesure environ $0^{mm},003$. Toutes ces dimensions varient du reste beaucoup, presque du simple au double. Je

n'y ai insisté que pour vous familiariser avec la notion de la cellule.

Je vous ai dit que les cellules de l'épiderme se forment sans cesse. Je suis obligé de vous avouer que, si vous me demandiez de vous dire comment elles se forment, vous m'embarrasseriez fort. La naissance des cellules est un des points les plus obscurs de nos connaissances en anatomie. Les uns prétendent qu'elles apparaissent au sein d'une matière demi-liquide, *amorphe* (*α*, *a*, non; *μορφή*, *morphè*, forme), où se montrent les granulations d'abord, puis le noyau. D'autres soutiennent que cette génération *spontanée* ou *genèse* (*γένεσις*, *génésis*, génération) des cellules est une illusion, et que toujours une *cellule naît d'une cellule* préexistante, soit par *cloisonnement* intérieur, soit par *bourgeonnement*. Ce qui est certain, c'est que ces modes de production de la cellule par la cellule, de *prolifération cellulaire*, comme on dit (*proles*, lignée; *ferre*, porter), existent réellement et s'obser-

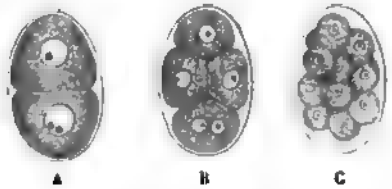


Fig. 49. — Type de *prolifération cellulaire* par *cloisonnement intérieur*; A, cellule divisée en deux, un des *nucléoles* est déjà dédoublé; B, la même cellule divisée en quatre, un des *noyaux* est déjà dédoublé; C, division beaucoup plus avancée.

vent dans beaucoup de cas avec facilité (fig. 49) ; mais cela ne veut pas dire que la genèse proprement dite n'ait aussi sa part dans le développement des cellules.

Cette dissertation faite à propos de l'épiderme ne vous paraît peut-être pas présenter un grand intérêt,

et je vois que vous vous prendriez volontiers à sourire, si je vous disais de quelles discussions ardentes, de quelles violences de langage, de quelles haines, les théories sur la naissance des cellules ont été l'occasion. Mais si vous voulez bien vous rappeler ce que je vous ai déjà dit, c'est-à-dire que notre corps n'est qu'un composé de cellules, — ou de fibres qui n'en sont que des variétés, — et que chacune de ces cellules vit d'une vie propre et indépendante; si vous réfléchissez ensuite à ceci, que de l'augmentation de nombre des cellules dépendent nos progrès en taille et en poids; enfin, si je vous dis que cette naissance de cellules nouvelles prend dans certaines maladies, dans les *cancers*, par exemple, une activité exagérée, dont les conséquences sont terribles, vous comprendrez la passion généreuse que mettent les anatomistes dans ces études, et vous en excuserez même les excès.

Pour en revenir à l'épiderme, je vous dirai que les diverses colorations que présente la peau sont dues aux granulations des cellules épidermiques, qui varient singulièrement en nombre et en couleur, non seulement d'une espèce animale à une autre, non seulement d'une race à une autre (comme le nègre comparé au blanc), non seulement chez le même être d'un point du corps à un autre, mais encore, sur le même point, suivant l'intensité de la lumière solaire à laquelle elle est exposée. Vous connaissez toutes des exemples de cette coloration accidentelle, et l'avez observée sur vous-mêmes, j'en suis sûr, au visage et aux mains, après un séjour à la campagne. Ce sont les rayons violets du spectre solaire, ceux qui agissent dans la photographie, qui produisent cette augmen-

tation dans le *pigment cutané* (*pigmentum*, couleur ; *cutis*, peau), ces *taches de rousseur*.

L'épaisseur de l'épiderme varie plus encore que sa couleur, suivant les animaux, et, chez un même animal, suivant les régions du corps. D'une manière générale, elle est d'autant plus grande que le point considéré est exposé à plus de frottements : il suffit de comparer chez nous l'épiderme en couche épaisse qui revêt et protège le talon avec celui si mince des lèvres ou des paupières. Les ouvriers qui manient de durs outils voient se développer des épaississements épidermiques sur les points de contact, si bien qu'ils arrivent à porter sur leur corps les marques et le signe de leurs professions.

L'épaississement de l'épiderme est quelquefois très localisé. C'est ce qu'on observe dans les *durillons* et surtout dans les *cors*. La figure ci-contre (fig. 50) vous montre la coupe d'un orteil, coupe à travers un *cor* qui pénètre toute la profondeur de la peau. Dans d'autres circonstances, infiniment plus rares chez l'homme, les cellules épidermiques, en s'accumulant outre mesure, s'engrènent solidement l'une l'autre, et forment des élévations plus ou moins considérables, de véritables *cornes* qui repoussent sans cesse, bien qu'on les coupe. Elles ont quelquefois atteint dans notre espèce des dimensions extraordinaires (fig. 51).

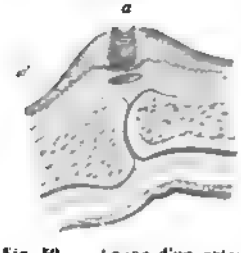


Fig. 50. — Coupe d'un orteil et d'un *cor* qui traverse toute la peau. *a*, cor ; *c*, derme ; *d*, bourse séreuse développée sous le cor.

On voit bien plus fréquemment, à la surface de la peau, d'autres excroissances, qui sont produites par

le derme : ce sont les *verrues* (fig. 52). Elles sont dues à l'*hypertrophie* (ὑπὲρ, *hyper*, sur ; τροφὴ, *trophè*, nutrition), c'est-à-dire au développement excessif

Fig. 51. — Femme portant une corne cutanée.

Fig. 52. — Verrue

Fig. 53. — Verrue (coupe grossie 20 fois) : *a*, épiderme ; *c*, vaisseaux sanguins des papilles verruqueuses.

des papilles proprement dites (fig. 53) ; il s'y joint, du reste, très souvent, un épaississement exagéré de l'épiderme.

Ces appendices sont laids et désagréables, mais du moins ils ne présentent aucun danger. Il en est tout autrement d'un mode de développement exagéré de l'épiderme qui n'est malheureusement pas rare. Les cellules épidermiques se multiplient avec une rapidité extraordinaire, sans durcir comme dans le cas des cornes ; elles envahissent, elles rongent en quelque sorte les parties voisines, chairs, os, produisent d'horribles désordres, et arrivent à déterminer la mort. Leur ablation par le fer ou le feu n'arrête pas toujours leur marche redoutable. C'est là le *cancer* de la peau (du

mot *cancer*, écrevisse) ou, comme on dit aujourd'hui, l'*épithélioma* (fig. 54, 55).

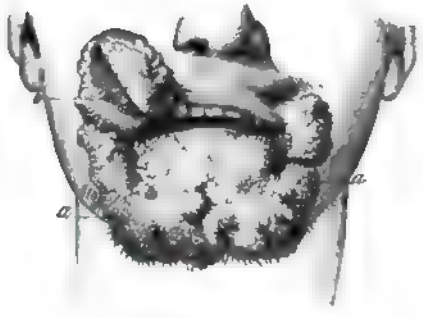


Fig. 54. — Épithélioma des lèvres : *a*, tumeur; *b*, coupe montrant la structure de la tumeur.

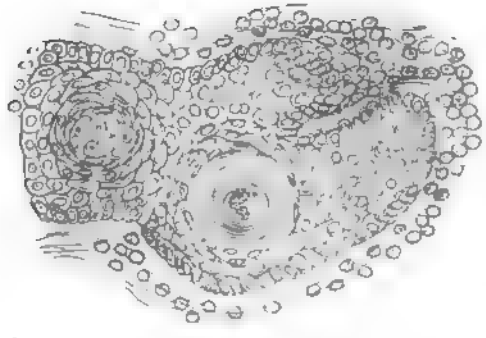


Fig. 55. — Épithélioma (coupe très grossie, montrant le développement excessif des cellules).

Dans d'autres circonstances *pathologiques* (πάθος, *pathos*, maladie), l'épiderme, loin de se former avec excès, ne se forme pas en quantité suffisante, et surtout ne se dessèche pas de manière à constituer un vernis protecteur sur la peau. Il en résulte des plaies plus ou moins grandes, des *ulcères* (*ulcus*, plaie), des *maladies de peau*, dont la variété de causes et d'aspect est très considérable.

L'application à la surface de la peau de certaines substances, et notamment de la poudre d'un insecte

nom à ce qu'elle porte une sorte de pivot autour duquel se fait le mouvement de rotation de la tête.

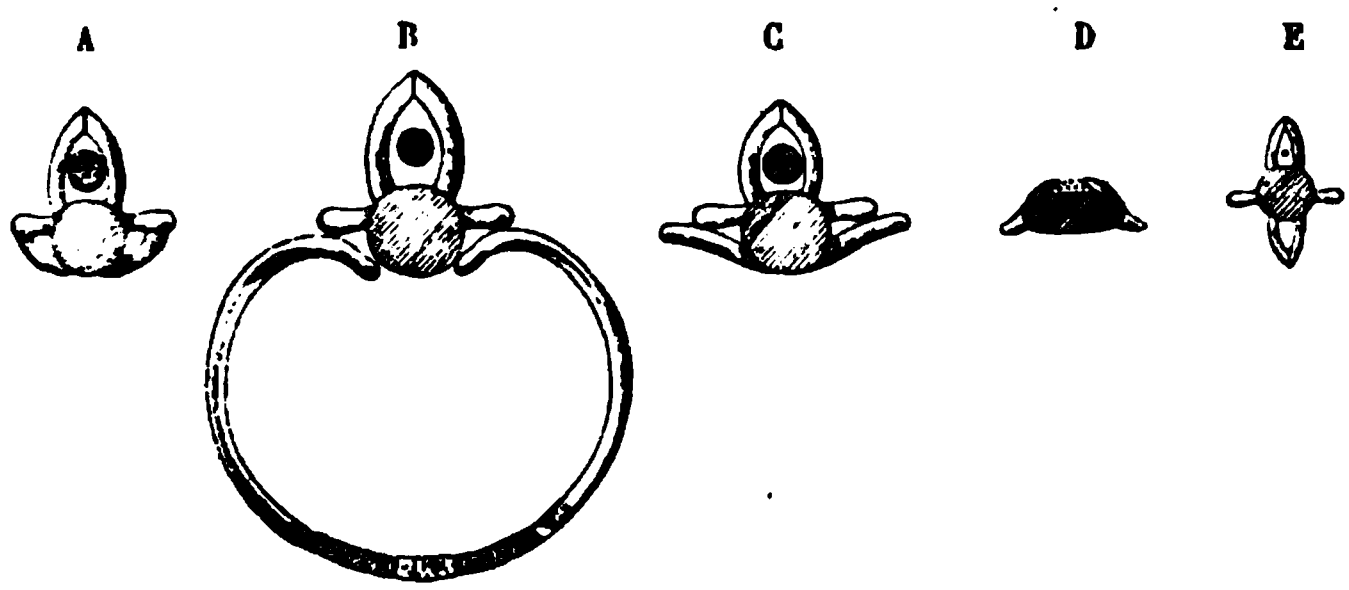


Fig. 76. — Formes diverses des vertèbres : A, vertèbre cervicale; B, dorsale; C, lombaire ; D, sacrée ; E, caudale. (On voit en A, B, C, la coupe de la moelle épinière, et en D, E, la coupe des nerfs qui continuent dans l'arc supérieur.)

Vertèbres crâniennes.

Vous voyez que, malgré d'importantes différences de formes, on retrouve toujours dans les diverses vertèbres l'identité fondamentale. Le *sacrum*, lui-même, se laisse facilement décomposer en plusieurs vertèbres soudées (fig. 77). Vous ne serez donc pas trop surprises quand je vous dirai que la tête, dont nous allons nous occuper maintenant, que la tête, dont la forme générale diffère tant des vertèbres, est cependant elle-même, dans ses parties principales, un composé de quatre vertèbres réunies et soudées l'une à l'autre. En regardant par en-dessus la base d'un crâne ouvert, on voit que les pièces osseuses ressemblent bien à une série de vertèbres juxtaposées (fig. 79). La voûte du crâne n'est autre chose que l'ensemble des arcs de ces vertèbres, élargis, aplatis, solidement unis entre eux. La *cavité crânienne* est donc, en définitive, le prolongement du canal formé par la série des arcs vertébraux. le prolongement du canal vertébral (fig. 38).

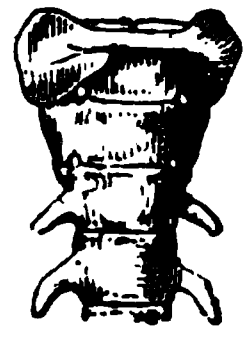


Fig. 77. — *Sacrum*, formé de plusieurs vertèbres réunies.

Je puis vous donner, sous forme d'énumération, les noms des pièces qui constituent les vertèbres crâniennes. Je les indique d'arrière en avant; les corps vertébraux s'appellent successivement : *os basilaire*, *sphénoïde postérieur* (de *σφὴν*, *ophèn*, coin ; *εἶδος*, *eidos*, ap-

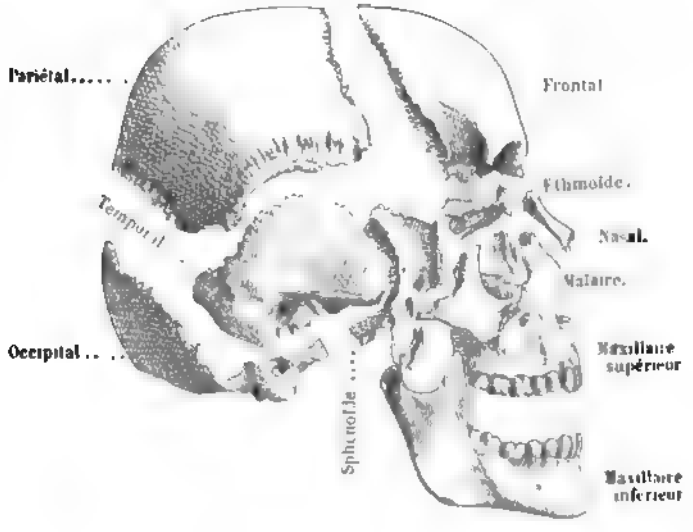


Fig. 78. — Os de la tête dans l'espèce humaine.

parence : qui ressemble à un coin), *sphénoïde antérieur*, *ethmoïde* (*ἠθμὸς*, *ethmos*, crible ; à cause des trous dont il est percé, et par lesquels passe le nerf olfactif) ; les arcs : *occipitaux*, *pariétaux*, *frontaux*, *nasaux* (fig. 78). Noms parfois bizarres, et qui sont empruntés souvent à des particularités de forme qu'ils ne présentent que dans l'espèce humaine (fig. 79). On dit ainsi qu'il y a, d'arrière en avant, une vertèbre *occipitale*, une vertèbre *pariétale*, une vertèbre *frontale* et une vertèbre *nasale*.

Les mâchoires. Ces os ne forment pas à eux seuls toute la tête, ni même tout le crâne, si l'on comprend sous ce nom la

botte osseuse qui renferme le cerveau. En effet, les deux *mâchoires*, sortes de membres annexés à la tête,

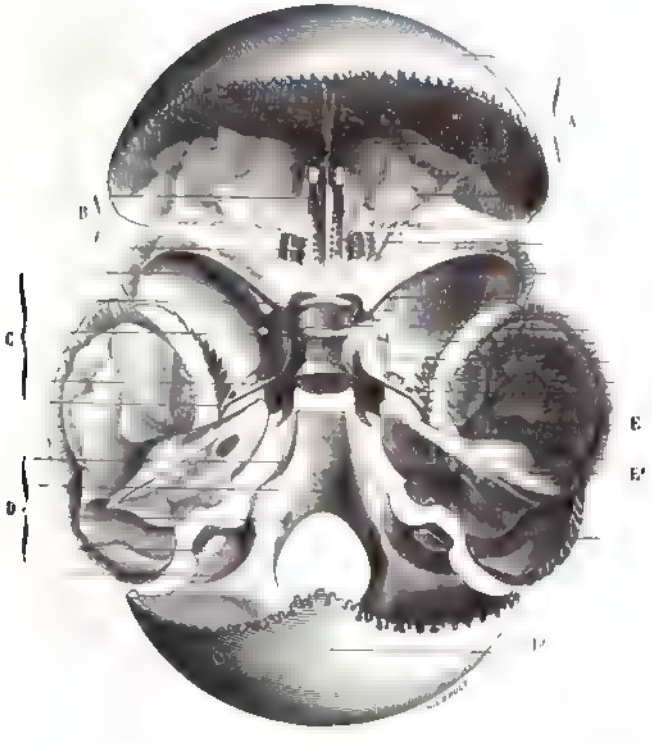


Fig. 79. — Os de la base du crâne humain, vus en dessus, et séparés. A, Frontal; B, Ethmoïde C, Sphénoïdes antérieur et postérieur soudés; D, base de l'occipital; D', sa partie écailleuse; E, écaille du temporal, E', rocher.

ont un squelette osseux qui, pour partie, concourt à la formation du crâne.

La *mâchoire supérieure* lui est fixée solidement par l'os *malaire*, qui forme chez nous la *pommette* des joues. Sur lui s'insère le *maxillaire supérieur*, et en avant l'*intermaxillaire*, tous deux porteurs de *dents* (fig. 80). Ces derniers deux os sont, dans l'espèce humaine, intimement soudés ensemble, sauf dans certaines monstruosités désignées sous le nom caracté-

ristique de *bec-de-lièvre*, à cause de la fente correspondante de la lèvre : on remédie à cette difformité par des procédés chirurgicaux que je ne puis ici décrire (fig. 81). Mais vous voyez comment certains états accidentels chez une espèce animale rappellent le type auquel elle appartient. Chez tous les mammifères, l'os intermaxillaire est distinct du maxillaire; seul, l'homme, comme si la forme cintrée de sa mâchoire supérieure accolait les deux os par compression, fait exception à la règle. Mais une *anomalie* (*α*, *a*, exprimant négation ; *νόμος*, *nomos*, loi) dans le développement reproduit, même chez lui, la règle générale. Vous comprenez par cet exemple l'intérêt que présente, au point de vue philosophique, l'étude des *monstruosités*, de cette branche de la science désignée sous le nom de *Tératologie* (*τέρας*, *teras*, monstre).

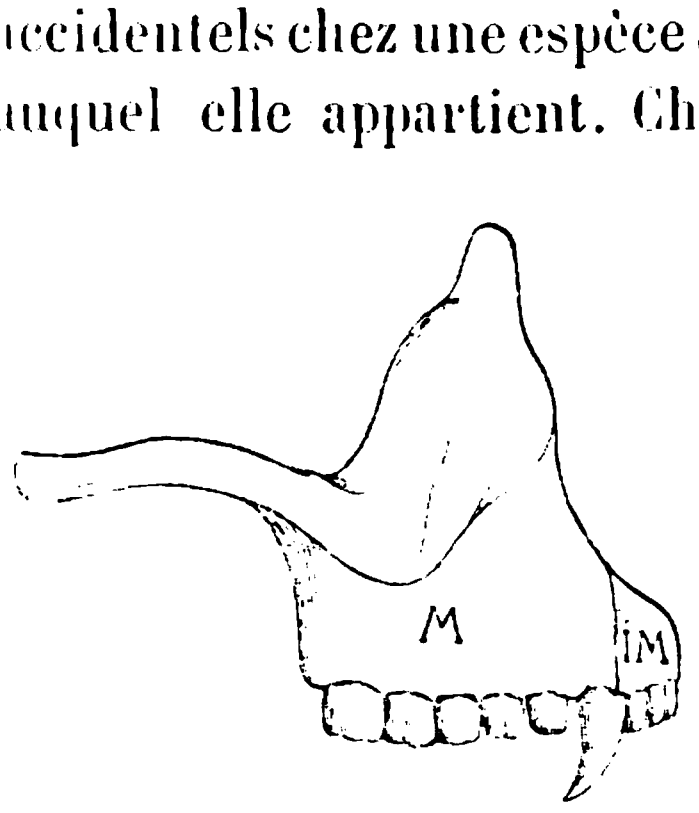


Fig. 80. — Mâchoire supérieure (schéma) : M, maxillaire et malaire; I,M, os intermaxillaire.

La *mâchoire inférieure*, composée d'un seul os denté, se meut, comme nous le verrons avec quelques dé

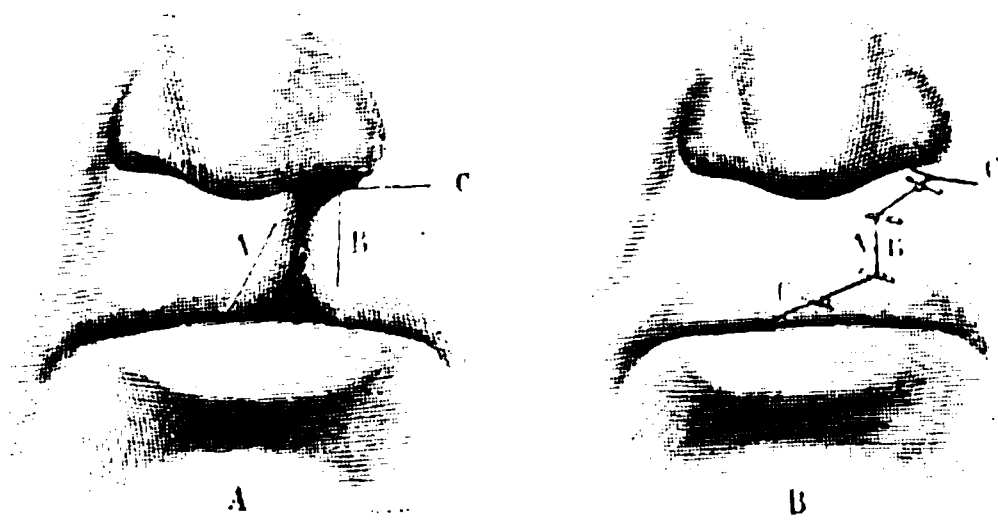


Fig. 81. — *Bec-de-lièvre* : A, avant l'opération ; B, après l'opération et la suture.

tails, en s'articulant sur un os qui fait partie du crâne, le *temporal*. Cet os, qui bouche l'intervalle compris entre la vertèbre pariétale et la vertèbre frontale, est lui-même composé d'une partie écailleuse (fig. 82) et d'une masse à laquelle sa dureté extraordinaire a fait donner le nom de *rocher* (fig. 79), et qui contient dans son intérieur les parties les plus importantes de l'organe de l'audition.

Vous vous étonnez sans doute de me voir considérer comme appartenant à la mâchoire inférieure un os du crâne, sur lequel elle s'articule simplement, et que les anatomistes de l'espèce humaine décrivent tout à fait à part. C'est que chez les vertébrés autres que les mammifères, et particulièrement chez les reptiles, la relation des os temporaux et de la mâchoire inférieure est manifeste. J'ai voulu vous donner ainsi un exemple de la mise en jeu des principes de l'*Anatomie comparée*.

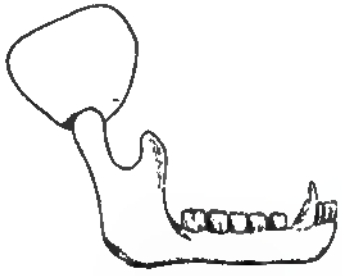


Fig. 82. — Os de la mâchoire inférieure (schéma) : Maxillaire inférieur et Écaille du temporal.

Analogies et Homologies

Cette science si importante ne consiste pas seulement à connaître, à décrire les organes qui, chez les divers animaux, servent aux usages de la vie ou, suivant l'expression physiologique, en accomplissent les *fonctions*. Elle cherche les relations de ces divers organes entre eux, les compare les uns aux autres, et cela dans deux conditions distinctes.

D'abord elle compare un même organe chez des animaux différents, et reconnaît, par exemple, dans l'aile de l'oiseau, dans la nageoire du poisson, dans

la patte du mammifère, un seul et même organe, dont les caractères secondaires ont seuls été modifiés : c'est là l'étude des *analogies* (ἀνάλογος, *analogos*, selon la règle).

En outre, chez un même animal, elle compare des organes différents en apparence, pour montrer leur similitude fondamentale. C'est ce que nous avons déjà fait pour l'ongle comparé au poil; c'est, malgré des difficultés bien plus grandes, ce que nous avons fait en reconnaissant des vertèbres modifiées dans les multiples pièces des os crâniens. C'est là l'étude des *homologies* (ὅμοιος, *homoios*, semblable). Elle embrasse le règne végétal comme le règne animal.

Celui de mes collègues qui est chargé de vous enseigner la botanique vous en montrera des exemples dans l'histoire des plantes. Il vous dira comment les feuilles se modifient successivement pour former toutes les parties des fleurs, depuis les pièces du calice, généralement vertes encore, et les pétales colorés, jusqu'à ces ovaires qui enveloppent la graine, et qui ressemblent peut-être moins encore à des feuilles que les pièces du crâne ne ressemblent à des vertèbres. C'est à l'illustre poète allemand Goethe qu'est due la démonstration de cette *métamorphose* de la feuille, comme il l'a appelée; et, par un effort singulier de génie, c'est lui qui a conçu le premier ce qu'on a appelé depuis la *théorie vertébrale du crâne*. C'est que ce grand homme était profondément pénétré de cette vérité que rien n'est isolé, accidentel, capricieux dans la nature, et que la loi d'économie, à laquelle elle reste toujours fidèle, lui fait un devoir de se répéter dans ses créations, tant qu'il n'est pas nécessaire d'avoir recours à une

création nouvelle. L'anatomie des insectes et des animaux qui en sont voisins nous fournira de nouveaux exemples, plus saisissants encore peut-être, de cette variété dans l'unité. Mais, sans attendre plus longtemps, nous allons en rencontrer une chez les mammifères dans la comparaison du squelette du membre antérieur avec celui du membre postérieur.

Comparaison du membre antérieur et du membre postérieur

Nous prendrons pour exemple les membres au maximum de complexité, c'est-à-dire se terminant par cinq doigts, comme le pied et la main de l'homme.

Nous avons déjà dit qu'ils se composent chacun d'une partie basilaire fixe et d'une partie mobile, divisée elle-même en trois segments. Occupons-nous d'abord de la partie libre, dont les analogies sont bien plus faciles à saisir (fig. 73 et 83). Or, la 1re section contient un os nommé, au bras, *humérus*, à la jambe, *fémur ;* la 2e section contient deux os nommés, au bras, *cubitus* (coude) et *radius* (rayon), à la jambe, *péroné* (agrafe) et *tibia* (flûte) ; la 3e (pied ou main) se montre, sur le squelette, composée elle-même de deux parties : à la main le *carpe* (καρπὸς, *carpos*, poignet) ; au pied le *tarse* (ταρσὸς, *tarsos*, objet de plusieurs pièces rangées avec ordre), formés chacun de deux rangées d'os ; enfin les *doigts* (au membre antérieur), et les *orteils* (membre postérieur).

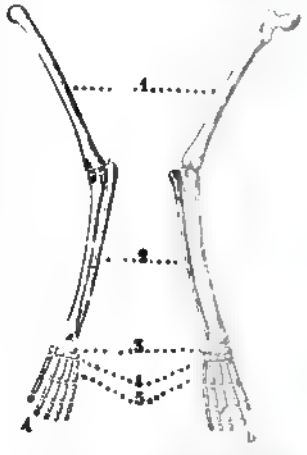


Fig. 83. — Os du membre antérieur a et du membre postérieur b, disposés de manière à en comparer les divers segments successifs (schéma).

Or, en continuant notre énumération, nous trou-

vons : à la 3e section (première rangée du carpe et du tarse), trois os; à la 4e section (deuxième rangée du carpe et du tarse), quatre os; à la 5e section (doigts et orteils), cinq os.

Veuillez remarquer, comme moyen mnémonique, ce rapport entre le nombre des os et le numéro de la section, de la rangée à laquelle ils appartiennent; 1re rangée, 1 os; 2e rangée, 2 os, et ainsi de suite.

Examinons maintenant les doigts et, simultanément, les orteils.

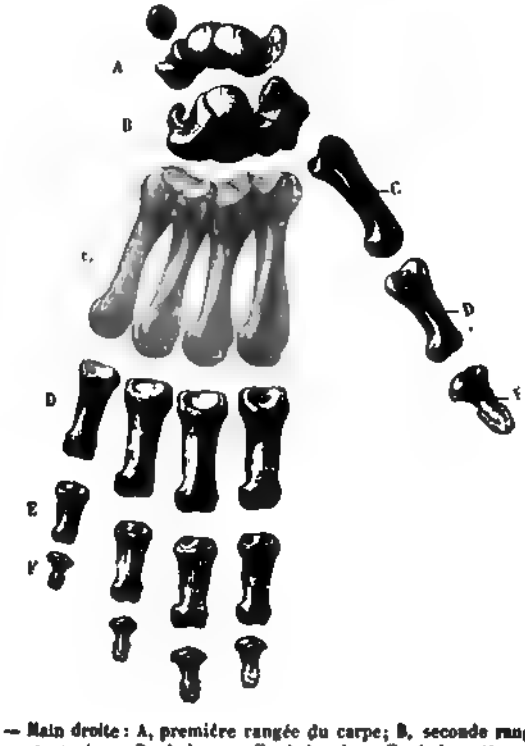


Fig. 84. — Main droite : A, première rangée du carpe; B, seconde rangée; C, métacarpiens; D, phalanges; E, phalangines; F, phalangettes.

Si nous faisions l'histoire anatomique de l'homme, il y en aurait long à dire sur les divers os de la main

(fig. 84) et du pied (fig. 85), sur leurs rapports, leurs articulations, leurs variétés de forme, etc. Je nepuis entrer dans tous ces détails ; mais enfin, l'espèce humaine nous intéresse assez pour que nous jetions au moins un coup-d'œil sur des régions aussi importantes.

Nos doigts sont au nombre de cinq. Chacun d'eux est composé de plusieurs pièces placées au bout les unes des autres. Le plus voisin de l'axe du corps, le doigt le plus interne, qui s'appelle *pouce* à la main, et *gros orteil* au pied, a trois de ces pièces; tous les autres en ont quatre. La première rangée de ces pièces est, chez l'homme et la plupart des mammifères, enveloppée de parties molles; avec le carpe et le tarse, elle constitue la *paume* de la main et la *plante* du pied. Scientifiquement on appelle les os de cette première rangée, à cause de leur position, à la main *métacarpe* (μετά, *meta*, après le carpe), et *métatarse* (après le tarse), au pied. Les autres pièces libres sont nommées *phalanges;* il y a d'abord à chaque doigt la *phalange proprement dite*, puis la *phalangine* et enfin la *phalangette*, qui porte l'*ongle ;* au pouce, la phalangine manque.

Fig. 85. — Pied droit : A, première rangée du tarse; B, seconde rangée, C, métatarsiens, D, phalanges; E, phalangines; F, phalangettes.

Lorsque l'ongle est aplati et occupe seulement la face supérieure de la phalangette, comme chez les

singes et l'homme, il est dénommé *ongle* (fig. 86). S'il emboîte davantage le doigt, présente la forme

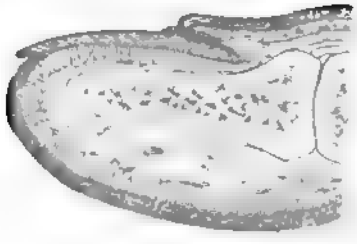


Fig. 86. — Coupe d'une phalangette portant un *ongle*.

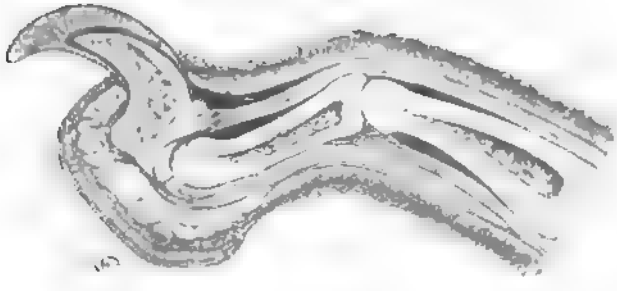


Fig. 87. — Coupe d'un doigt dont la phalangette porte une *griffe*.

Fig. 88. — Coupe d'un doigt dont la phalangette porte un *sabot*.

d'une gouttière et se termine en pointe, on l'appelle *griffe* (fig. 87) ; enfin, c'est un *sabot*, lorsqu'il enve-

loppe complètement la phalange qui le porte, comme il arrive pour les chevaux, les bœufs, etc. (fig. 88).

Venons maintenant à la comparaison du bassin et de l'épaule.

En examinant les pièces, et en tenant compte de certains renseignements que nous fournit l'anatomie des reptiles, et aussi l'étude du développement chez les animaux mammifères, nous voyons que ces parties se composent de trois pièces, à savoir :

Le bassin se compose : 1° de l'*iléon* (ειλεόν, *eileon*), 2° de l'*ischion* (ισχίον, *ischion*, hanche), 3° du *pubis* (*pubes*, aine). L'épaule, 1° de l'*omoplate* (ὦμος, *ômos*, épaule, πλάτυς, *platys*, large, os large de l'épaule), 2° de la clavicule (*clavis*, clef : à cause de sa forme ?), 3° du *coracoïdien* (κόραξ, *corax*, corbeau ; semblable à un bec de corbeau), ainsi nommé parce que chez l'homme il est extrêmement réduit (comme du reste chez presque tous les mammifères), et a la forme d'un bec.

Or, ces différents os se correspondent deux à deux : l'iléon (1) à l'omoplate, l'ischion au coracoïdien (2), et le pubis à la clavicule (3) (fig. 89).

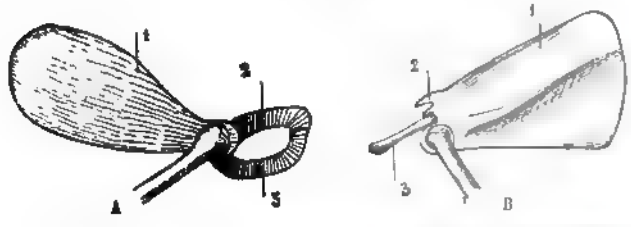


Fig. 89. — Analogie du bassin (A) et de l'omoplate B) : 1, Ilion et Scapulum, 2, Ischion et Coracoïdien ; 3, Pubis et Clavicule

La clavicule va rejoindre en avant le sternum, et maintient les épaules à distance quand les bras se portent en dedans. Aussi est-elle très-développée chez l'homme (fig. 75), et chez les animaux grimpeurs ; au

contraire, elle disparaît chez les coureurs qui, comme les chevaux, les cerfs, font seulement osciller leurs membres d'arrière en avant.

En définitive, l'analogie des membres antérieurs et postérieurs est déterminée comme l'indique le tableau que je mets sous vos yeux :

MEMBRE POSTÉRIEUR		MEMBRE ANTÉRIEUR	
Bassin. . . .	Iléon.	Omoplate	Épaule.
	Ischion	Caracoïdien . . .	
	Pubis.	Clavicule	
Cuisse. . . .	Fémur	Humérus	Bras.
Jambe. . . .	Tibia	Radius	Avant-bras.
	Péroné	Cubitus	
Cou-de-pied ou tarse . . .	1re rangée : 3 os..	1re rangée : os .	Poignet ou carpe.
	2e — 4 os..	2e — 4 os .	
Plante ou métatarse . .	5 os.	5 os	Paume ou métacarpe.
Phalanges.		. . . . .	Phalanges.

Il y a entre l'épaule et le bassin cette différence considérable que celui-ci est soudé à la colonne vertébrale, et fait corps avec elle, tandis que l'épaule est libre, l'omoplate glissant sur les côtes et n'étant maintenue que par des muscles. Nous verrons, en parlant des mouvements, l'importance de ces dispositions.

Ossification. J'ai à vous signaler maintenant dans l'histoire générale du squelette un fait extrêmement remarquable. Presque tous les os ont été, dans le jeune âge, mous et flexibles; c'étaient, comme on dit, des *cartilages*. Graduellement, petit à petit, ils se sont durcis; ils sont devenus des os. Cette transformation, sur laquelle je vais revenir dans un in-

stant, se fait d'une manière extrêmement régulière; chaque os long, comme l'humérus, par exemple, primitivement cartilagineux, devient osseux par trois points, un au milieu, un à chaque extrémité, de telle sorte qu'il y a un moment où il est composé de trois os. L'époque de l'apparition de ces *points d'ossification* (fig. 90), comme on les appelle, et celle de la soudure de ces os multiples en un seul, sont également parfaitement déterminées. Chez l'enfant humain, ces modifications ont été étudiées avec le plus grand soin, et les anatomistes peuvent ainsi, à la seule inspection d'un squelette, déterminer exactement l'âge de l'enfant auquel il appartenait.

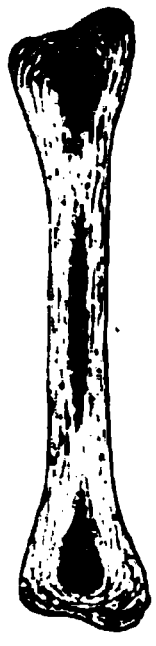


Fig. 90.— Coupe d'un os jeune montrant les trois points d'ossification.

Ainsi, la soudure de l'extrémité inférieure de l'humérus avec le corps a lieu vers l'âge de 15 à 16 ans, et celle de la partie supérieure, de 20 à 25 ans.

Ceci est important à connaître, parce que, tant que les os ne sont pas soudés, ils peuvent s'allonger par la partie molle intermédiaire entre leurs points d'ossification. Au contraire, la soudure opérée, et les dernières se font vers l'âge de 20 à 25 ans, aucun accroissement en longueur n'est plus possible et la taille cesse à jamais de grandir.

Les os du crâne présentent quelque chose d'analogue. Isolés dans le tout jeune âge, ils se rejoignent plus tard, s'engrènent et vont même jusqu'à se souder. Vous avez pu remarquer, mesdemoiselles, que chez les très jeunes enfants il existe, sur la tête, deux points non protégés par les os, et où l'on voit des battements; c'est ce qu'on nomme les *fonta-*

nelles (fig. 91). Elles correspondent au lieu de la réunion future de plusieurs os du crâne, réunion qui a lieu généralement dans le courant de la seconde année.

Fig. 91. — Crâne de jeune enfant vu [illegible] montrant les fontanelles antérieure et [illegible].

La transformation du cartilage en os est, vous le voyez, un fait très important, et que nous devons étudier avec quelques détails. Ce sera une occasion toute naturelle de connaître plus exactement ce qu'est un cartilage et ce qu'est un os.

Voici un os, voilà un cartilage : celui-ci, vous le voyez, est assez mou, flexible, élastique; l'autre est rigide, et se brise plutôt que de plier. Si je les place tous deux sur des charbons ardents, le cartilage brûlera en entier, ne laissant que des cendres informes; l'os, au contraire, gardera sa forme, mais deviendra très blanc et friable. D'une autre part, si je les immerge dans un acide étendu, dans de l'acide chlorhydrique, par exemple, le cartilage ne paraît s'altérer en rien, tandis que l'os donne lieu à un certain

dégagement de gaz, et finalement se transforme en un corps souple qui ne paraît différer en rien, à l'œil nu, du vrai cartilage. En d'autres termes, l'os se distingue d'abord du cartilage en ce qu'il contient, à côté de la substance animale, ou plutôt combinées avec elle, des matières salines; ce sont elles qui résistaient à l'action du feu qui avait détruit la substance animale; celle-ci, au contraire, a résisté à l'acide qui avait dissous les sels. Ces sels sont d'abord le sel qui constitue la craie, le carbonate de chaux, puis le phosphate de chaux : aussi est-ce des os qu'on retire le phosphore.

Après l'action des acides, les os, vous ai-je dit, sont transformés en une substance qui ressemble au cartilage, mais qui n'est pas le cartilage. C'est qu'en effet ces deux espèces de corps ne diffèrent pas seulement par la composition chimique, mais par la structure intime, je veux dire par la forme et la disposition des éléments anatomiques qui les composent.

Cellules du cartilage et de l'os.

Si nous coupons une tranche très mince d'un cartilage, en travers, et que nous l'examinions au microscope avec un grossissement suffisant, nous la voyons

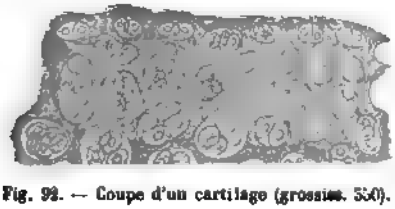


Fig. 92. — Coupe d'un cartilage (grossies. 350).

composée d'une substance transparente, dans laquelle sont dispersés sans ordre une innombrable quantité de petits corps ovoïdes, dits *cellules* de cartilage (fig. 92).

Au contraire, une coupe transversale dans un os nous montre des canaux, et tout autour de petits corps très singuliers, rangés fort régulièrement en couches concentriques. Ces petits corps ou *cellules osseuses* (fig. 93) ont de 1 centième à 1 centième et

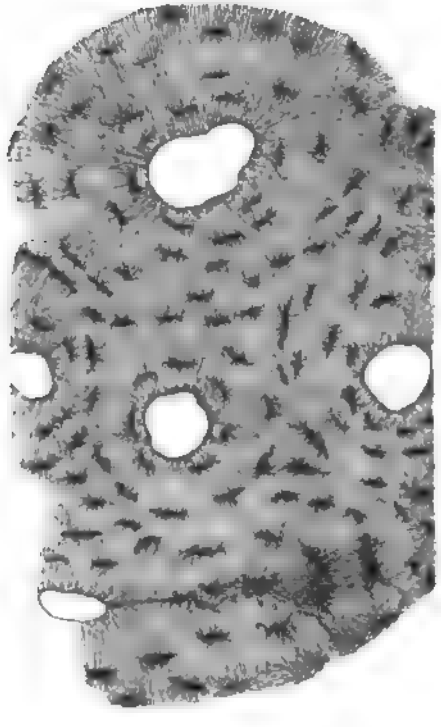


Fig. 93 — Coupe transversale d'un os (grossiss. 350) montrant les canalicules osseux, et les cellules osseuses, rangées concentriquement autour d'eux.

demi de millimètre en diamètre, et possèdent une très grande quantité de petits prolongements qui, finalement, communiquent les uns avec les autres (fig. 94).

Chaque os est enveloppé d'une membrane ou *périoste* (*περί, péri*, autour ; *ὀστέον osteon*, os). Enfin les canaux sont remplis d'une substance nommée

nommé *cantharide* (fig. 56) (c'est la base des *vésicatoires;* de *vesica*, ampoule, cloque), détermine une excitation du derme qui a pour conséquence l'exsudation d'un liquide abondant. Celui-ci soulève la couche cornée, résistante, de l'épiderme, si bien que, si on enlève celle-ci, le derme reste à nu et se montre excessivement sensible aux moindres contacts. Dans certaines maladies, l'épiderme se détache ainsi par grands lambeaux, à la suite d'une formation exagérée des cellules.

Fig. 56. — Cantharide.

Les brûlures légères produisent le même effet que les vésicatoires, et vous connaissez toutes la petite *cloque* ou *bulle* qui les suit ; vous savez aussi avec quelle rapidité se reproduit l'épiderme ainsi enlevé.

Mais, lorsque la brûlure est plus profonde, quand elle attaque et détruit le derme, la plaie ne se referme que par la production d'un tissu nouveau, dit *tissu de cicatrice*. Il est composé de fibres qui possèdent la propriété singulière de se raccourcir sans cesse, de se recroqueviller, si bien que les bords de la plaie primitive se rapprochent, et que des tiraillements, des difformités graves peuvent en être la conséquence. Les chirurgiens essayaient d'y remédier par certaines opérations qui

Fig. 57. — Cicatrices vicieuses, *brides*, consécutives à des brûlures profondes.

redonnent de la liberté aux parties ainsi trop rapprochées. Mais aujourd'hui on prévient le mal, ce qui, en chirurgie comme en morale, est préférable à tous les points de vue.

On y parvient en appliquant la méthode des greffes animales dont je vous ai parlé à propos de l'aventure de Garengeot. Sur la plaie de la brûlure on transporte de petits morceaux de peau saine, gros comme une lentille, empruntés soit à quelque autre partie du corps, soit même à une autre personne (mais non à un animal, car les greffes ne prennent pas d'une espèce à l'autre), et on les dissémine à la surface de la plaie. Ces fragments s'unissent aux parties sous-jacentes, s'y accolent, y prennent en quelque sorte racine, de telle sorte que, si on les a semés en nombre suffisant, on n'a plus à redouter les terribles effets de la *rétraction* du tissu de cicatrice.

Cette opération est d'invention toute récente. Mais depuis longtemps — on peut dire de temps immémorial — dans l'Inde, les chirurgiens employaient la greffe de la peau pour remédier à certains accidents. C'était surtout la perte du nez, soit par blessure, soit par maladie, difformité fâcheuse entre toutes, qui appelait l'intervention chirurgicale. On coupait alors un morceau de peau, sur quelque esclave ou criminel, et on l'appliquait avec soin au lieu et place de l'appendice manquant, après avoir *avivé*, c'est-à-dire rendu saignante, la cicatrice; souvent l'accolement réussissait, et une sorte de petite trompe cutanée venait consoler, bien qu'insuffisamment, le patient.

En Occident, on opérait autrement d'ordinaire. On faisait sur le front une incision à peu près triangulaire; on soulevait ensuite la peau, on l'appliquait en

la retournant sur la place avivée où devait reparaître le nez, et l'on cousait proprement le fragment (fig. 58). Mais celui-ci tenait encore au front par une sorte de pont cutané, par où les vaisseaux sanguins venaient

Fig. 58. — Réparation du nez par la méthode italienne.

lui apporter la nourriture nécessaire. Ce n'était que longtemps après, lorsque des communications s'étaient établies entre lui et sa nouvelle patrie, qu'on se hasardait à couper le trait-d'union primitif. C'était, vous le voyez, une greffe en deux temps.

Mais revenons à l'étude générale de la structure de la peau des mammifères.

Poils

A la surface de la peau apparaissent presque partout des filaments de forme et d'aspect très variés, qu'on appelle les *poils*.

Les poils sont obliquement implantés dans le derme (fig. 59) ; ils prennent naissance sur une petite papille située au fond d'une excavation, papille

qui, comme les autres, produit des cellules; mais celles-ci, au lieu de s'aplatir, s'allongent, se soudent les unes aux autres (fig. 60), et constituent le long cylindre qu'on appelle le poil.

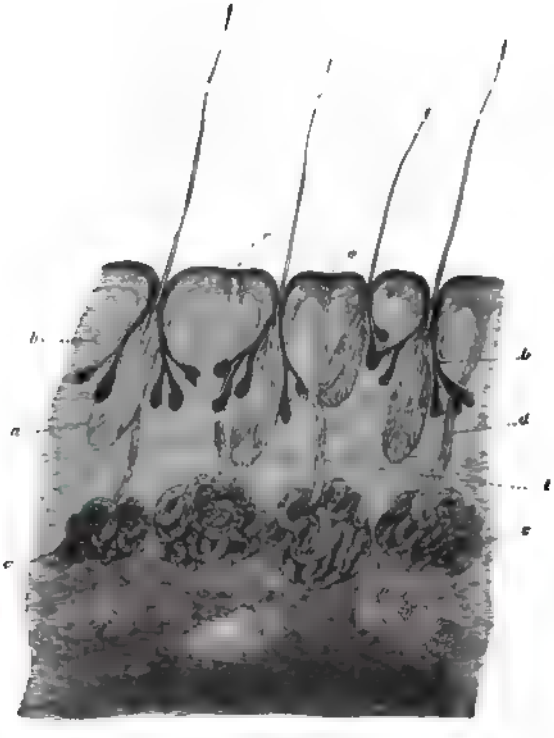


Fig. 59. — Coupe de la peau (grossie 20 fois), montrant des poils avec le follicule *a* dans lequel ils prennent naissance, et les glandes huileuses *b* qui leur sont annexées; *c*, glandes de la sueur, avec leurs conduits *d*, s'ouvrant en *e* à la surface de la peau.

Il y a donc à considérer dans un poil la *racine*, implantée dans le *follicule*, et la *tige* ou partie libre (fig. 61). La structure du poil est assez compliquée; on y distingue une écorce dont la couleur détermine celle du cheveu, et une moelle qui est souvent fort réduite.

Les poils s'usent sans cesse par leur extrémité et

croissent sans cesse par leur base. Chez certains, la croissance marche plus vite que l'usure, et ils grandissent plus ou moins : tels sont les cheveux, et chez l'homme les poils de la barbe. Les parties dites *nues* de la peau humaine sont toutes couvertes en réalité de petits poils, sauf la plante des pieds et la paume des mains; mais il faut regarder de près

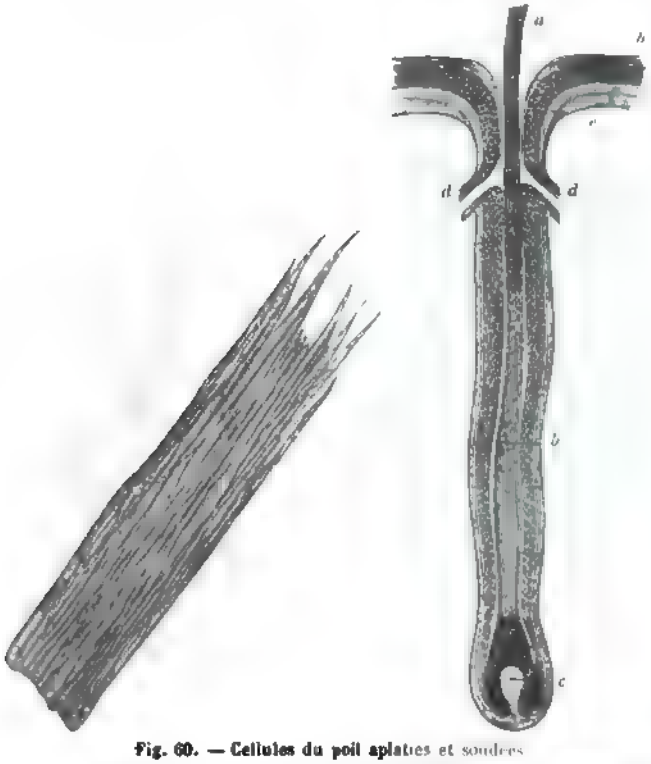


Fig. 60. — Cellules du poil aplaties et soudées.

Fig. 61. — Structure du poil et du follicule qui le porte (grossissement 50 : *a*, tige du poil; *b*, sa racine, *c*, sa papille; *d*, conduits excréteurs des glandes sébacées, *e*, derme; *f*, épiderme.

pour les voir. Des excitations incessantes, comme celles du rasoir, les déterminent à grossir; ils grossissent aussi tout seuls avec l'âge, sur certains points, comme à la figure. Mais il ne faudrait pas croire que

la barbe qui pousse au menton est composée de poils nouveaux : c'est le duvet de l'enfant, dont chaque élément a grossi. On a vu des hommes, et il s'en faisait une exhibition récemment à Paris, sous le nom d'*hommes-chiens*, dont tout le duvet avait ainsi grossi,

Fig. 62. — Une famille Lée en Birmanie : Silwe Maen, sa fille et son petit-fils.

et qui étaient couverts de poils, sans en avoir cependant un de plus que le commun des mortels (fig. 62).

Quand on arrache un poil, il repousse, son follicule continuant à former des cellules (fig. 65) : jamais l'*épilation* ne détruira le poil. Chez beaucoup d'animaux, il se fait des chutes spontanées des

poils, des *mues;* ils repoussent ensuite (fig. 64), généralement plus gros et plus longs en hiver. Nous verrons, dans une autre partie du cours, l'utilité que nous tirons de l'usage industriel de certains poils.

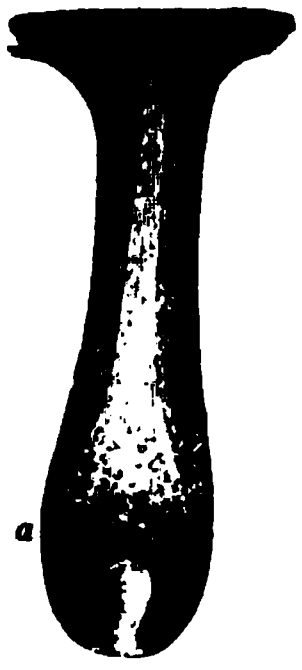


Fig. 65. — Poil jeune repoussant après avoir été arraché (grossissement, 50) : *a*, papille.

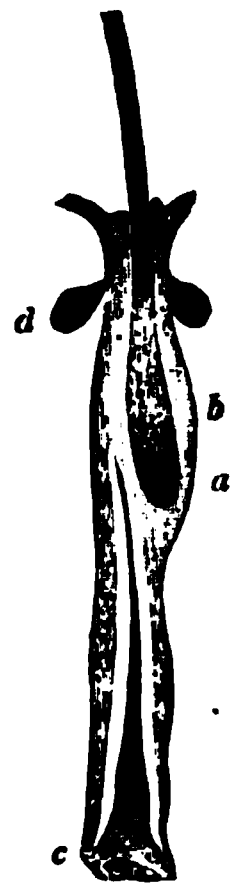


Fig. 64. — *Mue :* le jeune poil se développe au-dessous de l'ancien qu'il va remplacer ; *a*, racine de l'ancien poil ; *b*, sa tige ; *c*, nouveau poil ; *d*, glandes sébacées.

Le poil est vivant, au moins dans une grande partie de sa longueur. Quand il blanchit naturellement, par les progrès de l'âge, — ce qui peut arriver quelquefois dans la jeunesse, — c'est toujours par son extrémité libre. Cette transformation du cheveu est caractérisée par la présence d'air dans la partie corticale.

A chaque poil est annexée une petite *glande* (c'est le nom que l'on donne en anatomie à des organes qui forment, qui *sécrétent*, c'est l'expression consacrée, des matières liquides de composition très variée). La glande du poil, dite glande *sébacée* (fig. 59, *b*, et 61, *d*), sécrète un liquide huileux, fort utile pour

conserver au cheveu sa souplesse. Cette graisse oint notre peau et est cause qu'elle ne peut être, en réalité, mouillée; mais à la paume et à la plante, les seuls points de notre corps où il n'y a ni poils ni glandes sébacées, la peau peut s'imbiber, gonfler, comme vous l'avez toutes vu dans les bains.

Il arrive assez fréquemment que ces petites glandes s'irritent, que leur *canal excréteur*, c'est-à-dire le conduit qui verse sur les poils le liquide graisseux, se bouche, et alors le produit de sécrétion s'accumule en plus ou moins grande quantité derrière l'obstacle. Il peut alors se produire des grosseurs, des *tumeurs*, suivant l'expression médicale, plus ou moins considérables : telle est l'origine des boutons d'*acné* et des loupes si fréquentes à la peau de la tête, au *cuir chevelu*.

Une autre annexe du poil est un petit muscle (fig. 65, *c*) qui s'insère d'une part à la peau, de l'autre à la partie profonde du poil. Lorsque ce muscle se contracte, il redresse le poil, ce qui donne à la peau un aspect grenu spécial, bien connu sous le nom de *chair de poule*. Effet qui peut être produit par l'action du froid, ou par des émotions violentes, comme la terreur : d'où le nom d'*horripilation* (*horror*, horreur; *pilum*, poil) qui lui est souvent donné.

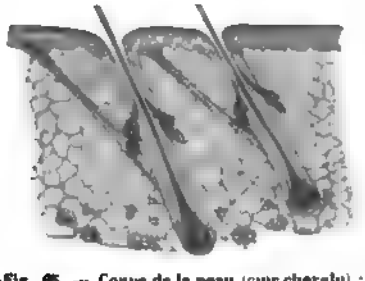


Fig. 65. — Coupe de la peau (cuir chevelu) : *c*, muscle du poil.

Les poils présentent les plus grandes variations de forme d'un point du corps à l'autre chez le même animal, et les variations sont encore plus considé-

rables quand on passe d'une espèce à une autre. Rappelez-vous et comparez le cheveu de l'homme, ses sourcils, la laine frisée du mouton, le poil sec et dur du chien, le crin long et flexible du cheval, etc. Parfois, les changements sont plus étonnants encore :

Fig. 66. — Porc-épic.

les piquants du hérisson, les dards du porc-épic (fig. 66), ne sont que des poils modifiés. Ce sont des poils dont la réunion, la soudure, forme les écailles

Fig. 67. — Pangolin.

du pangolin (fig. 67), et c'est encore de poils agglutinés qu'est composée la corne du rhinocéros.

Une production cutanée tout à fait analogue aux poils, ce sont les *ongles*. *Ongles.*

Ces organes sont en effet constitués, eux aussi, par des cellules épidermiques se développant en

abondance sur des papilles spéciales (fig. 68, 69). Mais ces cellules, au lieu de se réunir en une petite

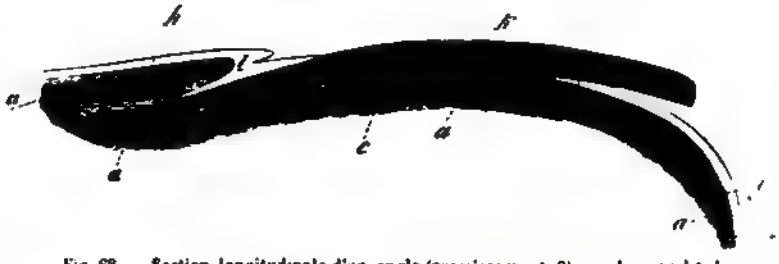


Fig. 68. — Section longitudinale d'un ongle (grossissement, 8) : *a*, derme; lit de l'ongle ; *b,c*, couche muqueuse de l'épiderme; *f,h,i*, sa couche cornée; *k*, ongle

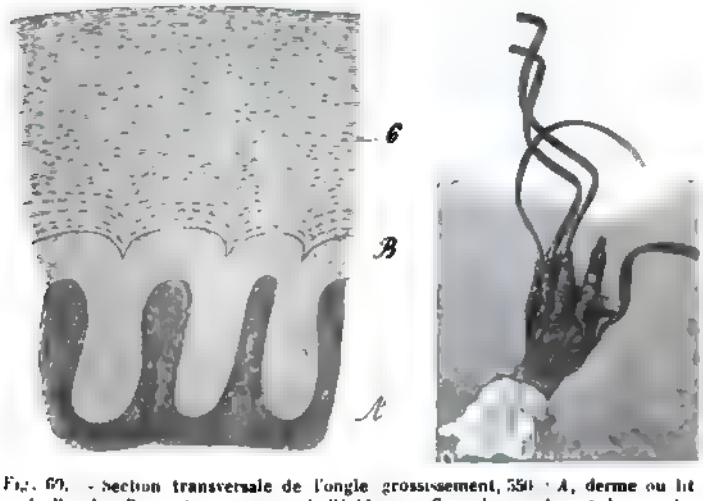


Fig. 69. — Section transversale de l'ongle grossissement, 550 : *A*, derme ou lit de l'ongle, *B*, couche muqueuse de l'épiderme; *C*, ongle remplaçant la couche cornée. On voit les cellules épidermiques s'aplatir et se souder dans l'ongle.

Fig. 70. — Main de grand seigneur Annamite.

tige, s'accolent en s'aplatissant pour former une lamelle cornée qui se moule sur les parties sous-jacentes, et leur adhère intimement.

L'ongle grandit d'arrière en avant, comme chacun sait, et peut atteindre des dimensions très considérables lorsqu'on ne le rogne pas ; on s'en fait un ornement dans certains pays (fig. 70). Il peut tomber

et repousser comme le cheveu, à la suite de diverses maladies. Il est alors reproduit par toute la surface du lit sur laquelle il reposait. Aussi, lorsqu'on veut l'empêcher de repousser, pour éviter, par exemple, la récidive de l'ongle *incarné*, c'est-à-dire de l'ongle poussant mal et pénétrant dans les chairs (fig. 71), il faut enlever ce lit lui-même, opération tellement douloureuse, que c'était la seule pour laquelle, dans la vieille garde impériale, il fût admis qu'on pouvait crier.

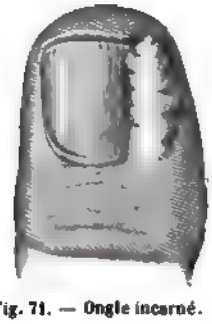


Fig. 71. — Ongle incarné.

Fig. 72. — Glande sudoripare (grossie 52 fois). *a*, glande, *b*, son conduit.

Glandes sudoripares

Pour en finir avec l'histoire de la peau, je vous dirai que dans l'épaisseur du derme on trouve encore, de place en place, des corps formés d'un tube enroulé, qui arrive à déboucher entre les papilles de la peau, par un canal plus ou moins long (fig. 59, et fig. 72) *c*, *d*, *e*; c'est là que se forme la sueur, liqueur acide, et ces petits corps sont nommés *glandes sudoripares*. Elles sont extrêmement nombreuses chez l'homme; on en estime le nombre total à environ 2 millions. Pour le dire en passant, la surface moyenne de la peau humaine est d'environ un mètre carré et demi.

Nous aurons à revenir sur l'histoire de ces glandes sudoripares; mais, aujourd'hui que nous n'envisa-

geons la peau que comme organe d'enveloppe du corps, je me contenterai de vous dire que, lorsque ces glandes se trouvent réunies, ainsi que les glandes sébacées, en masses plus ou moins considérables, elles sécrètent alors des matières odorantes telles que le musc, le castoréum, etc., dont je vous parlerai avec détails en temps et lieu.

Tissu cellulaire.

La peau recouvre tous les organes. Elle peut, vous ai-je dit, en être facilement détachée, mais cependant elle n'est pas absolument indépendante des parties sous-jacentes, et il suffit d'avoir vu écorcher un lapin pour connaître la nature de ces adhérences sous-cutanées.

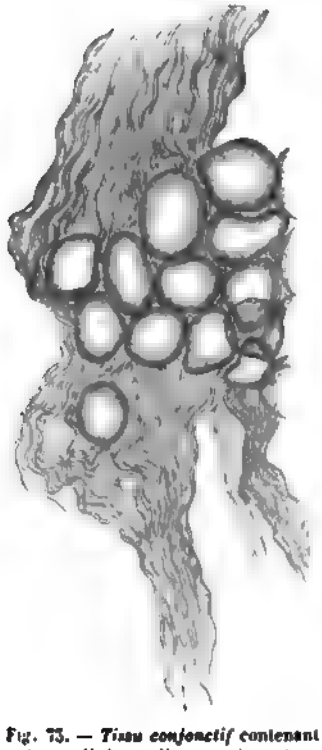


Fig. 73. — *Tissu conjonctif* contenant des *cellules adipeuses* (grossissement, 350).

Ce sont des filaments, des lamelles, des tractus, fort irréguliers, circonscrivant des mailles, des espaces auxquels, avant de savoir ce qu'est véritablement la cellule, élément anatomique, on avait donné le nom de cellules, d'où le mot de *tissu cellulaire* sous lequel on désigne fréquemment ce tissu. Comme il se rencontre en outre interposé à tous les organes, on l'appelle aussi *tissu conjonctif* (*conjungere*, réunir). Il s'y trouve en abondance de vraies cellules qui fort souvent se gonflent et se remplis-

sent de graisse ; on les appelle cellules *adipeuses* (fig. 73). Chez beaucoup d'animaux, et surtout chez les mammifères aquatiques, cette graisse forme une couche continue sous le derme, un *lard*, qui les protège contre le froid.

La peau enlevée, nous arrivons aux organes profonds ; les muscles apparaissent, recouvrant les os, circonscrivant des cavités où sont placés à l'abri les appareils digestif, circulatoire, respiratoire, etc.

Permettez-moi, en entrant ici dans le vrai domaine de l'Anatomie, dans l'étude des caractères intérieurs des Mammifères, d'aller droit aux parties fondamentales, aux parties dures, qui constituent la charpente du corps de l'animal, c'est-à-dire au *Squelette*.

LE SQUELETTE

Colonne vertébrale.

Le squelette d'un vertébré se compose, je vous l'ai dit, de la *colonne vertébrale* et des *membres*.

En laissant pour un moment les membres de côté, du premier coup d'œil (voy. fig. 74 et 75) nous reconnaissons dans la colonne vertébrale plusieurs régions bien distinctes : 1° la tête, sur laquelle nous reviendrons dans un moment ; 2° la région *cervicale*, composée de sept vertèbres, nombre qui se retrouve chez tous les mammifères, chez la girafe au long cou, comme chez l'ours et la baleine ; 3° la région *dorsale*, composée généralement de douze à quinze vertèbres, dont chacune porte une paire de rayons nommés *côtes* ; 4° la région *lombaire* (5 ou 6 vertèbres), dont les vertèbres ressemblent un peu à celle du cou ; 5° le *sacrum*, où les vertèbres soudées en un seul os

appelée ordinairement *sternum* (*sternum*, bouclier). Elle est reliée avec la plus grande partie des côtes par des pièces que nous nommerons *côtes sternales*, pour faire pendant aux *côtes vertébrales*. L'ensemble des vertèbres dorsales, du sternum et des côtes, forme une sorte de cage à claire-voie sur le squelette, cage à deux ouvertures, l'antérieure étroite, la postérieure très large. On lui donne le nom de *thorax* (θώραξ, *thorax*, poitrine); c'est cette région qu'on nomme vulgairement la poitrine.

Je n'ai garde de vous entretenir de la forme de chacune des vertèbres. Il faut que les chirurgiens en connaissent tous les détails, au moins pour l'espèce humaine, et sachent distinguer les uns des autres tous ces petits os, qui sont, chez l'homme, au nombre de 33.

Mais nous pouvons nous dispenser de cette minutieuse étude. Je veux seulement vous rappeler qu'elles se composent toutes d'un *corps* et d'un *arc supérieur* à ce corps, avec lequel il forme une sorte d'anneau, la série de tous ces anneaux constituant le *canal vertébral*. Je veux vous faire observer encore que toutes ces vertèbres, malgré leurs différences de formes, sont composées des mêmes parties, et, par exemple, portent toutes des côtes; mais dans les régions cervicale et lombaire ces côtes sont très petites et soudées à la vertèbre, au lieu d'être longues et libres comme dans la région dorsale (fig. 76). Les deux premières vertèbres du cou méritent une indication spéciale: la première, nommée *atlas*, parce qu'elle supporte la tête, comme le géant fabuleux Atlas supportait le ciel, a son corps réduit à une simple lame; la seconde, ou *axis*, c'est-à-dire axe, doit ce

moelle des os (fig. 95), et composée elle-même de cellules.

Fig. 94. — Les cellules osseuses et leurs prolongements (grossies. 450 fois).

Fig. 95. — Coupe longitudinale d'un Fémur humain.
A, Os frais : P, périoste; O, corps de l'os; M. moelle; C,C', cartilages articulaires. B, Os sec, montrant le canal médullaire et le tissu spongieux des extrémités.

Comment les cellules du cartilage font-elles place

aux cellules de l'os? Comment s'effectue l'arrivée des matières calcaires? Ce sont là des phénomènes difficiles à observer, et sur lesquels les savants qui se servent particulièrement du microscope, et qu'on appelle pour cette raison des *micrographes* (μικρὸς, *micros*, petit; γράφω, *graphô*, je décris), ne sont pas tout à fait d'accord: je ne vous en parlerai donc pas.

Propriétés de la moelle des os.

Mais je veux appeler votre attention, en terminant ce qui a rapport aux os, sur la propriété remarquable de la moelle qui en remplit les canaux, et qui est même interposée entre l'os et le périoste. Cette moelle est capable de former de l'os. Si, sur un jeune animal, on prend un peu de cette moelle et qu'on la greffe sous la peau, fort loin de l'os auquel on l'a empruntée, on la retrouve au bout d'un certain temps, transformée en un véritable os. Si l'on enlève même l'os tout entier, mais en respectant le périoste qui l'entoure, ce qui ne se peut faire qu'en laissant aussi une certaine quantité de moelle, celle-ci entre en action. Les chirurgiens tirent grand parti de cette propriété merveilleuse, et c'est chose admirable que de voir, par exemple, un pauvre enfant, auquel on dû enlever le tibia tout entier, en prenant soin de respecter le périoste, marcher plus tard, presque sans boiter, sur un tibia nouveau que la moelle a reformé.

Structure des os.

On divise ordinairement les os en deux catégories, les os *courts* et les os *longs;* presque toujours ces désignations pourraient être remplacées par celles d'os *spongieux* et d'os *tubulaires*.

Prenons un de ceux-ci pour type, l'humérus, par exemple. Voici un fémur humain; vous voyez qu'il

se compose d'une partie cylindrique ou *corps*, et de deux extrémités ou *têtes* (fig. 96, A).

Coupons en long cet os; nous le voyons tubulaire

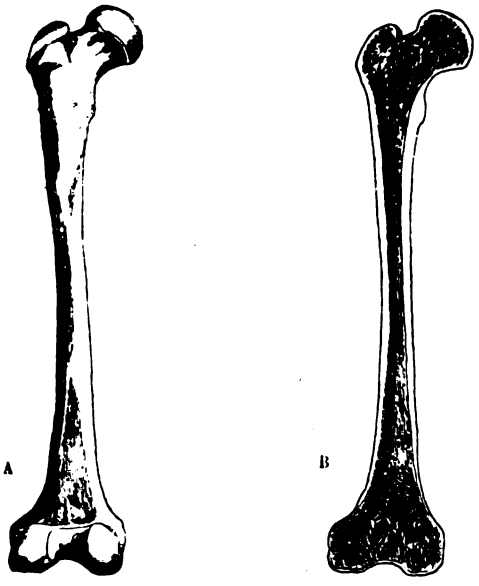


Fig. 96. — Fémur humain : A, intact; B, coupé longitudinalement.

dans sa partie médiane, spongieux à ses deux extrémités (fig. 96, B).

Pour mieux examiner la structure de la partie médiane, faisons une coupe transversale, et examinons-la sous un faible grossissement. Nous y voyons des espèces de cercles concentriques, assez analogues à ceux que présente la coupe d'un tronc d'arbre. Mais en y regardant de plus près nous constatons une structure plus compliquée. Autour de nombreux orifices, qui ne sont autre chose que la coupe de canaux très-petits, sont disposés en cercles d'une régularité et d'une élégance singulières les corpuscules osseux dont je vous ai parlé, il y a quelques

instants (voy. fig. 93). Les petits canaux communiquent avec le grand canal central, et comme lui sont remplis de moelle; ils communiquent également avec la couche extérieure de l'os, et la moelle débouche ainsi sous le périoste. Dans leur cavité pénètrent les vaisseaux sanguins et les nerfs.

Aux deux extrémités osseuses, la structure de l'os n'est pas la même : plus de grand canal central, mais des lamelles irrégulières entre-croisées, qui forment un tissu spongieux, lequel présente des conditions de légèreté et de résistance très-remarquables.

A la tête supérieure du fémur, sa disposition est très-curieuse : il y a là un système de contre-forts qui servent à supporter le poids du corps. Dans la vieillesse, ces lamelles se raréfient, si bien que l'os devient moins solide, et qu'arrivent alors très facilement les redoutables fractures du *col du fémur*.

Fractures. Puisque j'ai prononcé le mot de *fracture*, permettez-moi de vous dire deux mots de ces accidents si fréquents, et de leur mode de guérison.

L'os se brise par suite de chocs ou de chutes, tantôt régulièrement en travers, en *rave*, comme disent les chirurgiens, tantôt en biseau (fig. 97), tantôt en V, etc.; ce sont là les fractures simples. Quelquefois il y a une sorte d'écrasement avec plusieurs fragments, ou *esquilles*. L'accident devient fort sérieux lorsqu'il s'est fait une plaie qui pénètre jusqu'à la fracture.

Fig. 97. — Fracture du fémur en biseau

La mobilité inaccoutumée que présentent les parties, les craquements — la *crépitation* — que l'on entend, permettent au chirurgien de reconnaître l'existence de la fracture.

Il s'efforce alors de remettre bout à bout les deux fragments de l'os cassé ; cela est assez facile pour les fractures en rave, mais difficile pour celles en biseau, où il tend à y avoir glissement. Puis il fixe du mieux possible les parties en place, et les immobilise à l'aide d'attelles (lames de bois ou de carton), de bandes roulées, de substances agglutinatives

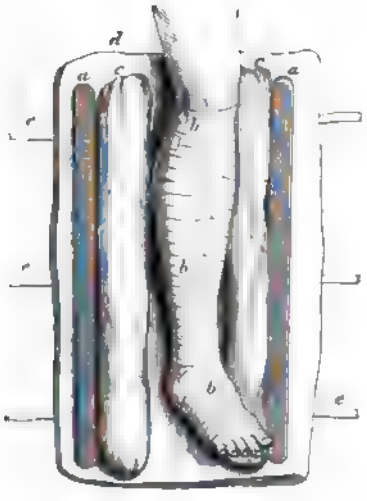


Fig. 98. — Fracture de jambe ; pansement contentif par la bande roulée *b*, les coussins *c*, les attelles *a*. Le tout sera enveloppé par le drap *d*, et attaché avec les rubans *e*.

(fig. 98), etc. Au bout de quelques jours, il se fait un gonflement autour du lieu de la fracture ; la moelle s'enflamme, le canal se bouche, et il se forme, vers le vingt-cinquième jour après l'accident, une réunion, ou, suivant l'expression reçue, un *cal provisoire ;* il est constitué par le *bouchon* de l'os, devenu osseux

lui-même, et par une *virole* ou anneau extérieur aux fragments (fig. 99). Quand ces parties sont devenues suffisamment solides, l'os peut supporter même le poids du corps. Cependant, il s'y fait un travail qui dure plusieurs mois, et a pour conséquence d'une part la véritable soudure des deux fragments, d'autre part la résorption du cal provisoire (fig. 100) ; si bien que dans les

Fig. 99. — Formation du *cal provisoire* (coupe de l'os).

Fig. 100.— Fracture ancienne; *cal définitif* (coupe de l'os).

Fig. 101.— Fracture ancienne du fémur : *cal difforme*.

cas simples il devient difficile au bout d'un certain temps de reconnaître, même en ayant l'os en main, le lieu de l'ancienne fracture.

Mais dans des circonstances moins favorables, lorsque les deux fragments n'ont pas pu être bien *affrontés*, il se produit ce qu'on appelle un *cal difforme* (fig. 101), ce qui peut entraîner, en effet, des difformités plus ou moins graves.

Maladies des os.

Les os deviennent parfois malades sans violences venant du dehors. On donne à leur inflammation le nom d'*ostéite;* l'inflammation du périoste, ou *périostite*,

est encore plus fréquente, et du reste ces deux maladies sont souvent simultanées. Lorsqu'elle a pour résultat une destruction partielle et progressive de l'os, on donne à l'ostéite le nom de *carie;* quand une partie assez considérable de l'os est frappée de mort, la maladie est dite *nécrose* (νεκρὸς, *necros*, mort), et l'on appelle *séquestres* les fragments mortifiés, par cette raison que souvent ils sont retenus en place (fig. 102), comme séquestrés, et qu'il est nécessaire d'aller les délivrer avec le bistouri, ou même avec le ciseau et le marteau, à la façon d'un sculpteur.

Fig. 102. — Os nécrosé, a, ou *séquestre*, enfermé dans un os de nouvelle formation.

Une des plus curieuses maladies, parmi celles qui frappent les os, est le ramollissement; il se présente dans deux conditions. Dans la première, malheureusement assez commune, les cartilages de l'enfant ne s'ossifient pas au temps voulu, et l'os flexible se tordant, soit par les efforts musculaires (fig. 103), soit sous le poids du corps, il en résulte des déformations plus ou moins étendues; on donne à cette maladie le nom de *rachitisme.*

Fig. 103. Radius rachitique.

Ce mot rappelle la colonne vertébrale (en latin *rachis*), parce qu'en effet un degré de rachitisme assez faible pour ne pas déformer sérieu-

sement les os des membres suffit pour amener dans la colonne vertébrale, qui ne peut plus supporter le poids du corps, des déviations, des torsions variées.

On leur donne les noms de *cyphose* (κυφὸς, *cyphos*, bossu), lorsqu'il s'agit d'une voussûre en forme de bosse; de *scoliose* (σκολιὸς, *scolios*, tortu), lorsqu'il y a déviation latérale; de *lordose* (λορδὸς, *lordos*, courbé en avant), lorsque la région lombaire est très excavée (fig. 104 et 105). Ces déviations peuvent même sur-

Fig. 104. — Déviation de la colonne vertébrale dite *lordose*.

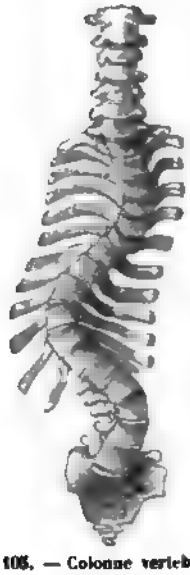


Fig. 105. — Colonne vertébrale atteinte de *scoliose* (vue par devant)

venir, sans vrai rachitisme, dans les croissances trop rapides, avec faiblesse des muscles et des ligaments de la colonne vertébrale. On peut alors y remédier au moyen de mouvements gymnastiques bien conduits et de corsets appropriés.

Une maladie qui souvent dépend du rachitisme,

c'est le retard dans la réunion des os du crâne, dans la fermeture des fontanelles (fig. 106).

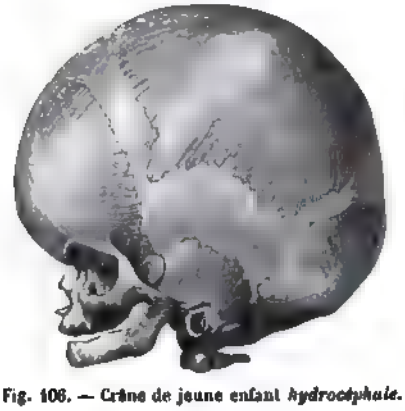


Fig. 106. — Crâne de jeune enfant *hydrocéphale*.

Le crâne continue à grossir, sous l'influence d'une accumulation d'eau dans certaines parties du cerveau, et l'on voit ainsi des têtes énormes qui ne sont rien moins qu'en rapport avec une intelligence d'élite. Les enfants qui sont atteints de cet arrêt de développement sont nommés *hydrocéphales* (fig. 107) (de ὕδωρ, *hydôr*, eau; κεφαλή, *cephale*, tête).

Fig. 107. — Tête d'enfant *hydrocéphale*.

Beaucoup plus rarement on voit des os formés se ramollir véritablement, par résorption des sels calcaires qu'ils contiennent: c'est l'*ostéo-malacie* (ὀστέον, *osteon*, os; μαλακός, *malacos*, mou). Le premier exemple de cette maladie nous a été transmis par un médecin arabe, qui parle d'un homme qu'on portait dans un panier, « parce qu'il n'avait d'os qu'à la tête, à la nuque et aux mains. » Le musée de la Faculté de médecine de Paris possède le

squelette de la célèbre femme Supiot (fig. 108), dont tous les os se ramollirent et se contournèrent si bien

Fig. 108. — Squelette ramolli de la femme Supiot.

que son pied gauche lui servait d'oreiller; elle mourut par impossibilité de respirer.

Enfin, pour en finir avec les maladies des os, je vous dirai que parfois la puissance formatrice du périoste s'exagère, et que l'os présente des saillies plus ou moins considérables (fig. 109), qui finissent par appeler l'intervention du chirurgien ; c'est ce qu'on nomme des *exostoses* (ἐξ, hors de; ὀστέον, *osteon*, *os*).

Articulations. Les os sont quelquefois intimement unis les uns

avec les autres, soit par juxtaposition et engrènement (fig. 110), comme les os du crâne pendant la jeunesse et l'âge mûr, soit par soudure définitive, comme il arrive pour ces mêmes os par les progrès de l'âge. Mais le plus souvent ils jouent les uns par rapport aux autres dans des limites d'une étendue très variable. Ils sont, comme on dit, *articulés*.

Fig. 109. — Cubitus et Radius chargés d'exostoses.

Fig. 110. — Articulation des os du crâne par *juxtaposition* et *engrènement*.

Les parties des os qui devront glisser et frotter l'une contre l'autre sont revêtues d'une couche cartilagineuse. Des ligaments aussi variés de formes que les articulations elles-mêmes enveloppent les deux extrémités osseuses (fig. 111) et déterminent une sorte de cavité, dans laquelle s'épanche incessamment un liquide qui facilite les glissements : on l'appelle *synovie* (σὺν, *sun*, avec ; ὠὸν, *ôon*, œuf : à cause de sa ressemblance avec le blanc d'œuf).

Maladies des articulations.

Dans l'état régulier des choses, il n'existe que quelques gouttes de synovie dans l'articulation. Mais, si celle-ci s'enflamme, soit à la suite d'un coup, soit dans certaines maladies, en tête desquelles il faut citer le rhumatisme articulaire, ce liquide s'accumule en

abondance dans la cavité articulaire, écarte les os, distend les ligaments : c'est l'*hydarthrose* (ὕδωρ, *hydôr*, eau ; ἄρθρον, *arthron*, article, articulation).

Lorsque celle-ci résiste à l'influence des traitements dirigés contre elle (vésicatoires, révulsifs à la peau, cautérisation, etc.), les cartilages peuvent devenir malades eux-mêmes, ainsi que les parties voisines : c'est l'*arthrite* (ἄρθρον, *arthron*, article, articulation). Celle-ci devenant chronique, les cartilages se détruisent, les têtes des os s'enflamment, grossissent, se carient parfois : c'est la terrible *tumeur blanche*, que des soins diligents auraient le plus souvent conjurée à son début, et qui le plus souvent aussi, si elle est déclarée, nécessitera l'amputation. Il reste cependant une ressource : une immobilisation bien exacte des parties enflammées peut permettre aux os dénudés de se souder ensemble, de s'*ankyloser* (ἀγκύλη, *ankilè*, frein), et l'on obtient ainsi une guérison, mais avec difformité.

Fig. 111. — Articulation type. Schéma montrant la cavité articulaire ou synoviale, les ligaments, et un muscle passant d'un os à l'autre et solidifiant l'articulation.

On comprend que des déviations très variées soient la conséquence des arthrites ; l'une des plus importantes et des plus graves est celle qui est consécutive à l'arthrite de l'articulation du fémur avec le bassin ou articulation *coxo-fémorale ;* cette arthrite redoutable se nomme *coxalgie* (*coxa*, hanche) (fig. 112).

Les deux os ne sont pas seulement retenus en présence par les ligaments passifs. Les muscles, dont je vous parlerai dans la prochaine leçon, qui sont les

organes du mouvement, passent d'un os à l'autre, et maintiennent les os activement par leur propre contraction. Grâce à une harmonie fonctionnelle que nous étudierons plus tard en parlant du système nerveux, ils combattent énergiquement les causes de distension dans les chutes, les mouvements anormaux, qui menaceraient les articulations. Qui n'a senti, en se tordant le pied, les muscles du mollet se durcir et entrer en action subite pour ramener l'articulation distendue à son état normal?

Fig. 112. — *Coxalgie.*

Si la violence est trop grande ou trop subite, les ligaments eux-mêmes sont tiraillés et peuvent même être déchirés : c'est l'accident désigné sous le nom d'*entorse*, dont un massage bien fait peut simplifier les suites, mais qui, lorsqu'elle est mal soignée, devient souvent le point de départ des arthrites et des tumeurs blanches.

Enfin, dans des cas plus graves, non seulement les ligaments sont déchirés, mais les deux os sont violemment séparés l'un de l'autre, et l'articulation est détruite. Il y a *luxation*. Le chirurgien doit alors faire repasser l'os le plus mobile, lequel s'est déplacé, par un chemin exactement inverse de celui qu'il a suivi ; puis il faut immobiliser l'articulation jusqu'à ce que l'inflammation soit tombée; tout cela n'est pas sans difficultés, sans douleurs, ni sans dangers.

En effet, en outre des déchirures occasionnées par les déplacements osseux, les muscles résistent par leurs contractions involontaires aux tractions chirurgicales, et il fallait souvent, pour vaincre leur résistance employer des machines, qui peuvent déployer une grande force (fig. 113). Aujourd'hui on endort les malades par le chloroforme ou quelque autre substance *anesthésique* (α, *a*, négatif; αἴσθησις, *æsthésis*, sensibilité), les muscles se relâchent pendant le sommeil, et les *réductions* de luxations sont beaucoup plus faciles.

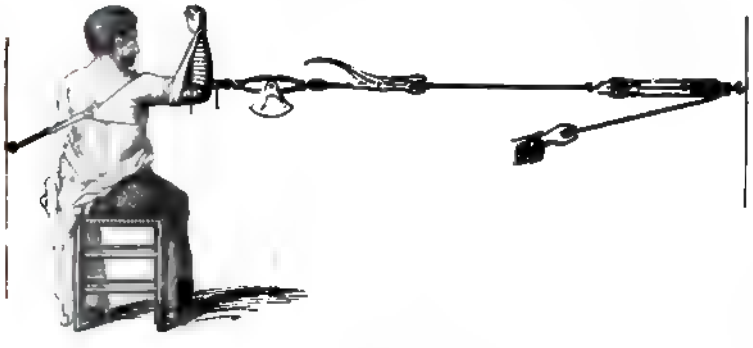


Fig. 113. — Réduction d'une luxation à l'aide de moufles.

Les os et les articulations sont sujets à bien d'autres maladies; mais je dois m'arrêter ici, n'ayant pas l'intention de vous faire un cours de chirurgie.

QUATRIÈME LEÇON

Les muscles. — La digestion.

J'ai insisté longuement sur l'étude du squelette, non seulement à cause de sa grande importance, mais encore parce que j'avais à cœur de faire en sorte que ce mot redoutable n'éveillât plus dans votre esprit de répulsion ni d'effroi. Je serai beaucoup plus bref dans l'étude des muscles.

LES MUSCLES.

Structure des muscles

Et cependant c'est le muscle qui, dans l'exécution des mouvements, joue le rôle prépondérant. Les os, articulés les uns sur les autres, ne sont que des leviers passifs, capables seulement d'obéir à l'ordre des muscles. Ce sont ceux-ci qui les font soit pivoter en tournant, comme fait le crâne sur la colonne vertébrale, ou encore l'humérus sur l'os de l'épaule, soit s'incliner l'un sur l'autre, comme le tibia sur le fémur, et les os de l'avant-bras sur celui du bras.

Nous avons dit en quoi consiste cette puissance du muscle: c'est un raccourcissement actif, une contraction, comme on dit. Imaginez une bande de caoutchouc que l'on rendrait libre après l'avoir étirée, et vous aurez une idée de la manière dont

agit le muscle : seulement, celui-ci se raccourcit sans avoir été étiré au préalable.

Les muscles sont de petites masses isolées qui se rencontrent en nombre très considérable, comme vous devez bien le penser. Ils vont d'un os à l'autre, unissant tantôt des os voisins, tantôt des os éloignés, et leurs directions sont extrêmement variées, ce qui nous permet d'exécuter un très grand nombre de mouvements généraux ou partiels. Je vous donnerai quelques notions sur leur distribution et leur rôle quand nous parlerons des mouvements.

Les muscles constituent la plus grande partie de la masse du corps. Ce sont eux qui en déterminent la forme, et recouvrent de leurs saillies ondulées et élégantes les arêtes brusques et raides du squelette osseux. La peau qui les revêt, plus ou moins doublée de tissu graisseux, achève d'adoucir les lignes, et de transformer les angles disgracieux en contours arrondis.

Un muscle se compose d'ordinaire de deux parties distinctes : une partie rouge, charnue, épaisse ; c'est le *muscle* proprement dit, la substance contractile; une autre partie blanche, luisante, non contractile : c'est le *tendon*. Le tendon doit être considéré comme une simple corde transmettant le mouvement que communique la contraction musculaire. On l'appelle parfois à grand tort, dans le langage vulgaire, du nom de *nerf;* c'est là une confusion de mots de laquelle vous devrez bien vous garder.

Muscles et nerfs. Le muscle lui-même, la chair que l'on mange, est composé d'un très grand nombre de filaments très fins, ayant chacun toute la longueur du muscle et se terminant au tendon. Un écheveau de fil en donne

une idée grossière, mais assez exacte. Chacun de ces fils, qu'on appelle *fibres musculaires*, est d'une apparence très unie; mais à l'examen microscopique (car le diamètre n'est guère que de un centième de millimètre) il apparaît comme composé de parties alternativement noires et rougeâtres (fig. 114). C'est cette particularité qui a mérité à ces muscles le nom de muscles *striés*.

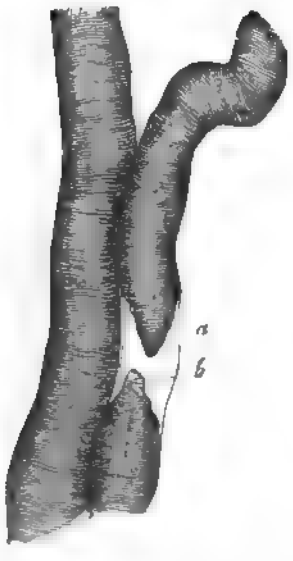


Fig. 114. — Deux fibres musculaires (grossiss. 350). Dans l'un, le faisceau des fibrilles *b* est rompu, et l'on voit l'enveloppe propre *b* du faisceau.

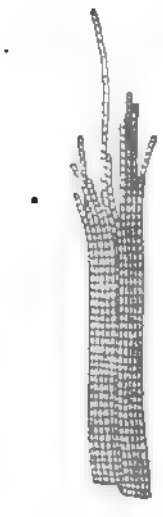


Fig. 115. — Fibrilles musculaires (grossiss. 600).

En examinant les choses de plus près encore, et avec de très forts grossissements, on voit que chaque fibre est formée par la juxtaposition de fibrilles extraordinairement grêles (un millième de millimètre de diamètre) (fig. 115), toutes ces fibrilles élémentaires étant contenues dans une enveloppe commune. Ainsi les fibrilles réunies forment les fibres (fig. 116);

celles-ci se groupent en *faisceaux*, et l'ensemble des

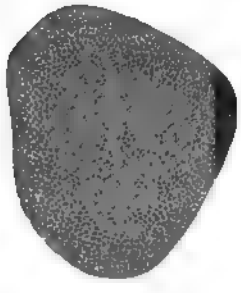


Fig. 116. — Coupe d'un fibre musculaire montrant les fibrilles (grossiss. 400).

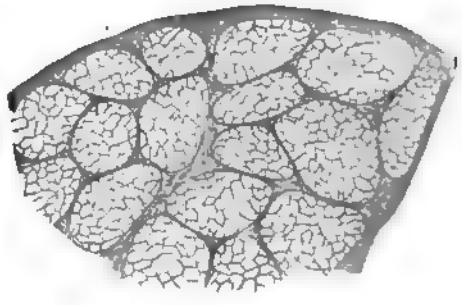


Fig. 117. — Coupe transversale d'un muscle (grossiss. 50).

faisceaux constitue le muscle (fig. 117). Les fibres musculaires se terminent par des filaments non contractiles dont l'ensemble forme les tendons qui s'attachent sur les os (fig. 118).

Muscles lisses. Il y a d'autres muscles, dont les fibres composantes ne sont pas striées; on les appelle pour cette raison muscles *lisses* (fig. 119). Or, entre les muscles striés et les muscles lisses, il existe des différences remarquables. Vous avez vu, dans une de nos dernières leçons, avec quelle brusquerie se contracte un muscle excité, et aussi avec quelle rapidité cesse sa contraction. Le muscle sur lequel nous avions expérimenté provenait de la patte d'une grenouille, c'était un muscle strié.

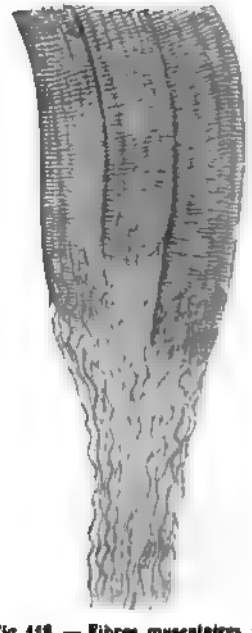


Fig. 118. — Fibres musculaires se terminant en un tendon d'attache (grossiss. 300).

Si nous avions employé un muscle lisse, nous aurions vu qu'il ne serait entré en contraction qu'un certain temps après avoir été excité, et que sa contraction aurait duré pendant un certain temps. *Strié* pourrait donc être remplacé par *rapide*, *lisse* le pourrait être par *lent*.

Fig. 119. — Fibre musculaire lisse de l'intestin (grossie 350).

Ce n'est pas tout : les muscles striés sont les muscles des mouvements extérieurs; ce sont les muscles des membres, du tronc; ils sont sous l'influence de la volonté. Les fibres lisses, au contraire, constituent les muscles des mouvements intérieurs; ce sont elles qui font, par exemple, contracter l'estomac; elles agissent à notre insu, et même malgré nous. On pourrait donc remplacer encore le mot *strié* par le mot *volontaire*, s'il n'existait à la règle ci-dessus énoncée une exception considérable : le cœur, dont les contractions échappent entièrement à l'action de la volonté, est composé de fibres striées (fig. 120), fibres

Fig. 120. — Fibres musculaires du cœur montrant leurs ramifications

qui présentent, il est vrai, des caractères spéciaux, dont le plus important est d'être ramifiées.

Tonicité. Dans l'état ordinaire des choses, un muscle au repos n'est pas absolument inactif. Il reste toujours dans un état de contraction légère, qu'on appelle *tonicité*, et qui joue un rôle important dans un très grand nombre de fonctions physiologiques. Si l'on coupe le nerf moteur qui s'y rend, le muscle perd sa tonicité, est paralysé et devient flasque. C'est ce que vous avez pu remarquer chez de pauvres paralytiques. Cette tonicité est la principale cause de la solidité des articulations, parce que les muscles, toujours un peu tendus, maintiennent les deux os appliqués l'un contre l'autre. Lorsque les chirurgiens pratiquent l'amputation d'un membre, les muscles coupés se rétractent en vertu de leur tonicité, et laissent l'os en saillie.

Un muscle strié ne peut rester longtemps en contraction; quand même on fait agir sur lui des excitants répétés, il arrive un moment où il se fatigue et se relâche.

Maladies des muscles. Cependant, on observe des contractions durables dans certains états maladifs. Les plus fréquentes et

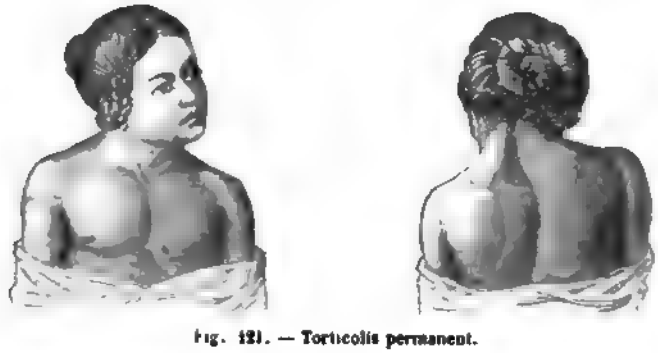


Fig. 121. — Torticolis permanent.

les moins graves sont les *crampes*. Quelquefois même la contraction persiste pendant un temps quasi-indéfini; c'est ce qu'on appelle une *contracture*, et il en

peut résulter des déformations permanentes, comme il arrive assez souvent pour le *torticolis* (fig. 121).

Les muscles qu'on ne fait pas agir s'affaiblissent et peuvent arriver à une *atrophie* (*α*, *a*, privatif; *τροφή*, *trophé*, nourriture) telle, qu'on ne peut plus les faire contracter. C'est ce qui arrive, par exemple, à ces fakirs de l'Inde, qui restent indéfiniment immobiles. Dans cet état, les fibres musculaires diminuent de volume, souvent perdent leurs stries, et s'infiltrent de très petits globules graisseux. C'est ce qu'on appelle la *dégénérescence* d'un élément anatomique (fig. 122).

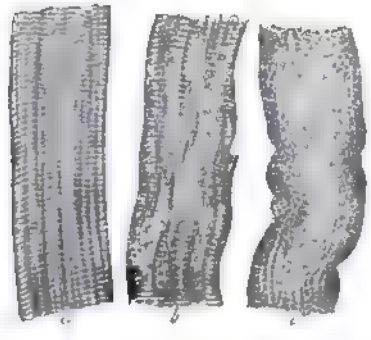


Fig. 122. — Fibres musculaires atteintes de *dégénérescence*

Inversement, l'exercice, l'action, fortifient, font grossir le muscle, sans cependant créer de nouvelles fibres musculaires. Cette augmentation de volume est de notoriété universelle; tout le monde sait que les boulangers ont de gros bras, les montagnards de gros mollets, etc.

Aussi, lorsque certaines paralysies ont frappé un muscle, ou lorsque son nerf a été coupé par quelque accident, les médecins font entretenir ses contractions à l'aide d'excitants électriques, afin de l'empêcher de s'atrophier. C'est pour une raison analogue que

la gymnastique, le massage, sont recommandés, afin d'augmenter la force musculaire.

Aux points où les muscles s'insèrent sur les os, on voit d'ordinaire des saillies ou au moins des rugosités. Leur importance est proportionnelle à la force des muscles, et permet sur le squelette d'en juger. Aussi, chez les femmes et les enfants, les os sont notablement plus lisses que chez les hommes.

Le diaphragme.

J'ai dit que je ne vous parlerais pas aujourd'hui de la disposition des masses musculaires. Je suis forcé, cependant, de faire une exception pour un muscle des plus importants, qui existe chez tous les Mammifères, qui n'existe que chez eux, et qu'il faut absolument connaître, pour l'intelligence de ce qui va suivre; ce muscle, c'est le *diaphragme* (διά, *dia*, à travers; φράγμα, *phragma*, cloison).

Voici devant vous un squelette humain (fig. 125).

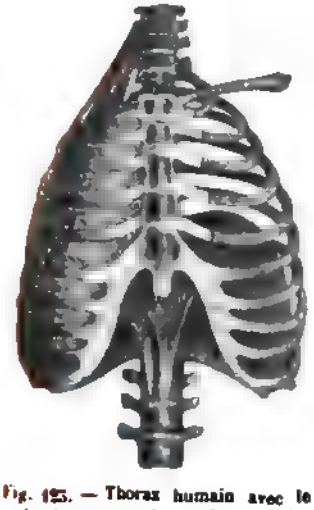


Fig. 125. — Thorax humain avec le diaphragme en forme de voûte (les muscles *intercostaux* ont été conservés à gauche et la clavicule à droite).

A l'ouverture inférieure du thorax, tendez une sorte de voile qui la ferme complètement, voile qui s'attachera au sternum, au pourtour des dernières côtes, à la colonne vertébrale; donnez à ce voile une certaine voussure de manière qu'il soit convexe en haut, concave en bas; supposez-lui maintenant une nature musculaire, contractile, et vous aurez le diaphragme, qui divise le tronc, le corps, en deux régions distinctes. La région supérieure (anté-

rieure chez les animaux), où se trouvent renfermés les poumons et le cœur, s'appelle le *thorax* ou la *poitrine;* la région postérieure, où se développent les organes de la digestion et les plus importants parmi les organes des sécrétions, reçoit le nom d'*abdomen*.

De tous ces organes il faut que nous parlions, ainsi que des actes qui s'y accomplissent. Nous commencerons par les organes de la digestion, par l'*appareil digestif*.

APPAREIL DIGESTIF ET DIGESTION.

La bouche.

Son orifice d'entrée est la *bouche*, cavité de formes variables selon les animaux, mais que déterminent des parties osseuses, ou mâchoires. La mâchoire supérieure est fixe, solidement soudée au crâne; l'inférieure se meut sur elle, et peut alternativement s'élever et descendre, grâce à une articulation qui se trouve un peu en avant de l'oreille. Je vous ai déjà indiqué le nombre et le nom des os qui les constituent.

La *cavité buccale* est déterminée par les *joues* et les *lèvres*, enveloppes cutanées doublées de muscles dont je vous ferai un jour l'histoire détaillée.

Forme des dents.

Les mâchoires portent des *dents*. Le nombre et la forme de ces dents varient beaucoup, suivant que l'on considère les divers mammifères. La forme surtout est en rapport avec le genre de nourriture; tranchantes, coupantes, chez les animaux qui se nourrissent de proie vivante, de chair; élargies et propres à la trituration, chez ceux qui ne broient que des végétaux; hérissées de pointes aiguës, lorsqu'il s'agit de briser des carapaces d'insectes, etc.... Au milieu de toutes ces variations de formes, on distingue les dents en trois

catégories, les *incisives*, les *canines* et les *molaires*. A la mâchoire supérieure on nomme : *incisives*, les dents qui s'implantent dans les os intermaxillaires; *molaires*, celles qui s'implantent dans les os maxillaires; *canines* (une de chaque côté seulement), celles qui sont sur la limite du maxillaire et de l'intermaxillaire (fig. 124). A la mâchoire inférieure, on nomme canine la dent qui est immédiatement antérieure à

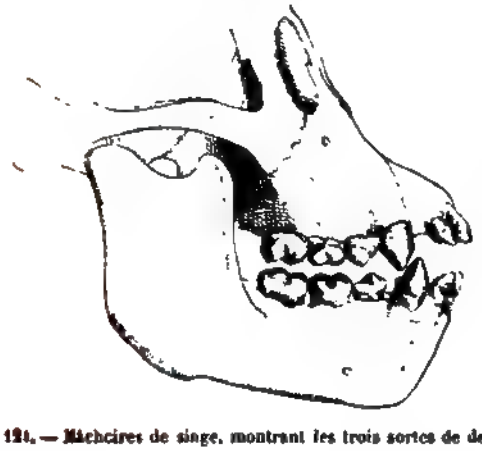


Fig. 121. — Mâchoires de singe, montrant les trois sortes de dents.

la canine d'en haut, incisives celles qui sont en avant de la canine, molaires celles qui viennent après.

Ces noms sont tirés de la forme particulière qu'affectent ces dents chez l'homme, et du rôle qu'elles jouent; les incisives, en effet, plates, tranchantes, incisent; les molaires (du latin *mola*, meule), triturent; quant aux canines, leur nom vient, il faut bien l'avouer, de leur ressemblance avec la dent aiguë du chien (*canis*), ou au moins de ce que, chez les chiens et les carnassiers, ces dents sont extrêmement développées.

La forme des dents varie extraordinairement d'un mammifère à l'autre. Il suffit de citer, par exemple, à côté des dents humaines, celles du lapin, de l'hippopotame, de l'éléphant, du tatou ; leurs usages sont naturellement en rapport avec leur forme. Il a donc fallu, pour s'y reconnaître, leur imposer des noms, et l'on s'est accordé pour employer, si peu exacte qu'elle soit, la nomenclature des dents humaines. Il y a donc, chez certains mammifères, des incisives qui ne coupent pas, des molaires qui ne broient pas, des canines qui ne ressemblent pas à la dent aiguë d'un chien.

Tous les mammifères sont sujets, à un âge qui varie, à la chute de leurs dents (dites dents *de lait*), et à une seconde dentition. Dans celle-ci, on voit toujours apparaître quelques nouvelles molaires en sus de celles qui existaient déjà (fig. 125). Vous les ver-

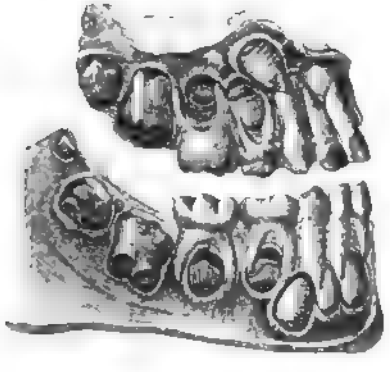


Fig. 125. — Mâchoires humaines, montrant la première dentition et les germes des dents de la deuxième dentition.

rez, dans les livres, désignées sous le nom fort mauvais de *vraies molaires*, les molaires de remplacement s'appelant alors *fausses molaires*.

L'homme possède à chaque mâchoire, quand il a sa seconde dentition complète, 4 incisives, 2 canines,

4 petites molaires, 6 grosses molaires, soient 32 dents en tout (fig. 126); mais lors de sa première dentition les molaires sont au nombre de 4 seulement, ce qui

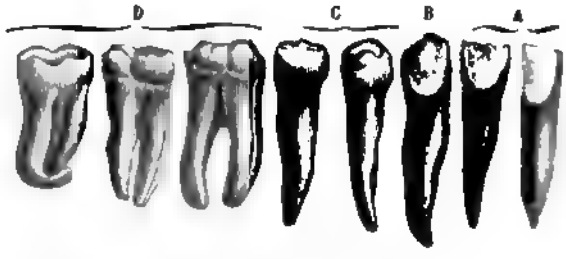


Fig. 126. — Dents humaines : A, incisives ; B, canine, C, petites molaires ; D, grosses molaires.

ne donne à l'enfant que 20 dents. La première dentition disparaît de 7 à 12 ans ; la seconde n'est parfois complète que très tard : je connais un vieillard, et un vieillard illustre, âgé de 76 ans, auquel vient de pousser une des dernières molaires, dites *dents de sagesse*.

Il n'est pas très rare de constater un nombre trop considérable de dents, qui prennent alors le titre de dents *surnuméraires* (fig. 127).

Fig. 127. — Mâchoire supérieure humaine montrant une incisive surnuméraire

Structure des dents

Quels que soient leur forme et leur nom, les dents sont composées de deux substances : une enveloppe assez mince, mais dure et brillante, à laquelle on donne le nom d'*émail*, et une masse fondamentale appelée *dentine*, ou *ivoire;* celle-ci est creusée d'une cavité où se trouve une petite masse charnue, ou *pulpe*, pénétrée par des nerfs et des vaisseaux sanguins (fig. 128). Une troisième partie, le *cément*, qui a la structure de

l'os, se superpose en certains points à l'ivoire recouvert ou non d'émail; peu abondant chez l'homme, le cément joue un rôle important dans les dents de beaucoup d'animaux.

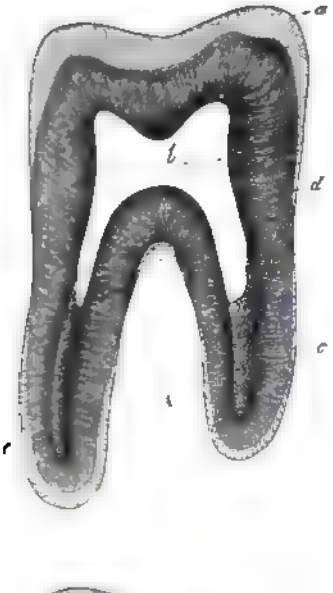


Fig. 128. — Dent molaire humaine. A, coupe longitudinale; B, coupe transversale. *a*, émail, *b*, cavité dentaire; *c*, cement; *d*, ivoire.

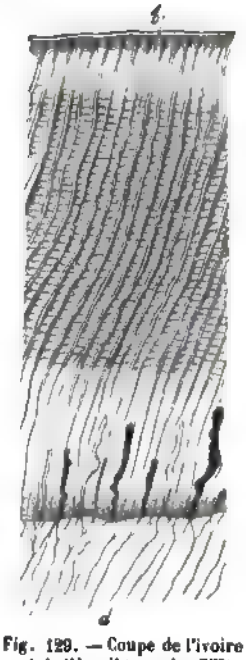


Fig. 129. — Coupe de l'ivoire et de l'émail (grossiss. 350): *b*, fibres de l'émail, *d*, canalicules de l'ivoire.

Fig. 130. — Surface de l'émail, montrant les extrémités des fibres (grossiss. 350).

Rien de plus élégant à voir au microscope que la structure d'une dent; une tranche très mince montre dans l'émail des prismes très fins (fig. 129, 130),

dans l'ivoire des tubes ramifiés (fig. 131, 132). Au point de vue chimique, il y a là, comme dans les os,

Fig. 131. — Ivoire et cément (grossiss. 175) : *a*, surface profonde de l'ivoire, avec peu de canalicules; *b*, corpuscules osseux du cément.

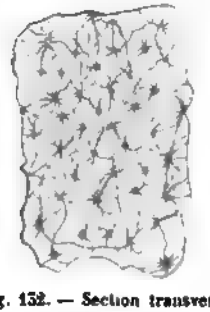


Fig. 132. — Section transversale de l'ivoire (grossiss. 350).

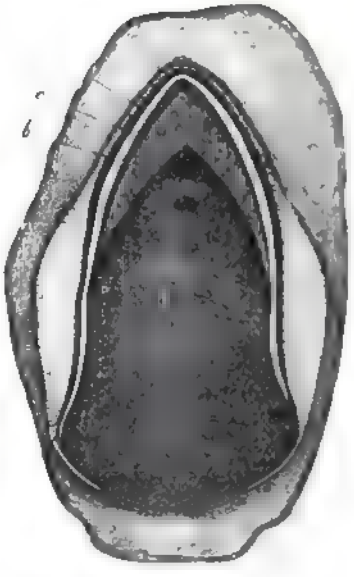


Fig. 133. — Section verticale d'une dent de chat qui pousse (grossiss. 14) : *a*, papille, *b*, ivoire; *c*, émail.

une partie pierreuse, qui se dissout dans les acides, et une partie animale, qui résiste à leur action.

Les dents ont les plus grands rapports homologiques avec les poils. Comme eux, elles naissent sur une papille appartenant au derme (fig. 133), qui forme à sa surface ici, les éléments de l'ivoire, là, les cellules du poil : éléments et cellules qui représentent les cellules profondes de l'épiderme.

L'émail est formé par un organe spécial, une sorte de petite poche, qui coiffe la dentine, comme un bonnet de coton coiffe la tête (fig. 134).

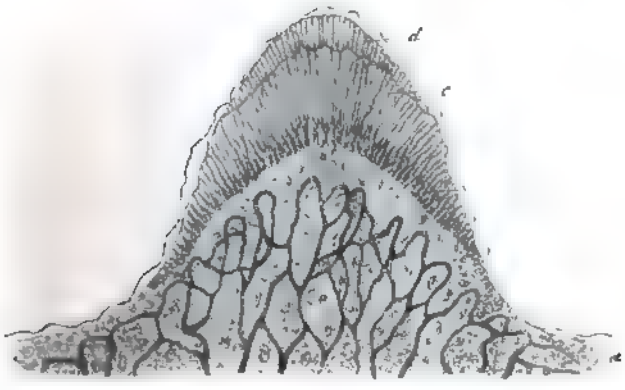


Fig 134. — Coupe d'une très jeune dent (grossies.) : *a*, papille avec ses vaisseaux sanguins ; *c*, ivoire, *d*, émail.

De même que la papille du poil forme sans cesse les cellules de la moelle et de l'écorce, de même la papille de la dent forme sans cesse les tubes de la dentine. Cela se voit très nettement dans les incisives des Rongeurs et des Eléphants, qui grandissent indéfiniment, les couches nouvelles d'ivoire poussant les anciennes. Mais dans la plupart des dents, et notamment dans les nôtres, la forme de la papille fait qu'elle s'étrangle par le développement concentrique des couches nouvelles ; l'accroissement ne se faisant plus qu'en dedans, la dent ne grandit pas, si bien que sa cavité diminue de plus en plus en dimension, jusqu'à ce qu'enfin la papille s'atrophie, et la dent tombe de vieillesse.

Les dents de remplacement se forment sur des papilles qui apparaissent à côté des anciennes (fig. 135 et 136).

maladies des dents.

Lorsque, pour une raison quelconque, la salive ou les autres matières, au contact des dents, deviennent

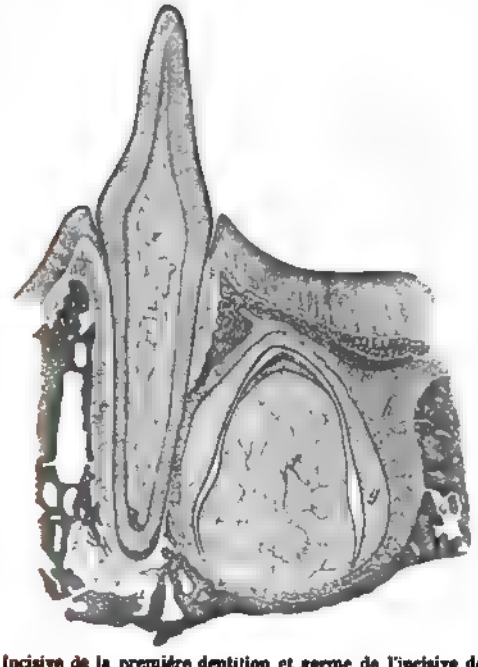


Fig. 135. — Incisive de la première dentition et germe de l'incisive de la dernière dentition : coupe transversale chez le chat (grossiss. 14) : *e*, pulpe de la dent de lait ; *f*, pulpe de la dent de remplacement ; *g*, organe de l'émail de celle-ci.

Fig. 136. — Développement d'une dent de lait et de sa dent de *remplacement* (figure schématique).

acides, l'émail et même l'ivoire peuvent être détruits plus ou moins profondément ; c'est là l'origine de la *carie* dentaire (fig. 137). Or, si l'émail est insensible, il en est autrement de l'ivoire et surtout de ses cou-

ches les plus extérieures ; mis à nu, il détermine des douleurs en présence des changements de température, des chocs, etc. La douleur devient bien autre-

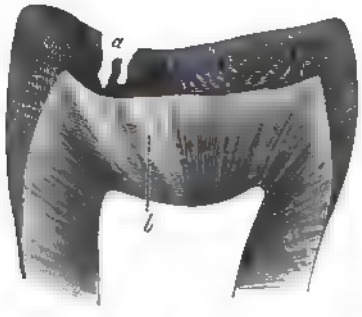


Fig. 137. — Coupe d'une dent cariée : *a*, carie ayant entamé l'émail ; *b*, ivoire.

ment vive lorsque l'ivoire lui-même est traversé, et que la pulpe dentaire, avec ses nerfs, est mise à nu et s'enflamme. De là vient la pratique des dentistes, qui remplissent la cavité de substances susceptibles de mettre à l'abri la papille dentaire, tout en protégeant l'ivoire contre l'action destructive des agents extérieurs : la meilleure de ces substances est l'or. Lorsque la pulpe a été découverte par les progrès du mal, il faut ou l'enlever ou la détruire par des cautérisations. On oblitère ensuite la cavité dentaire.

Ainsi protégées, les caries guérissent souvent ; dans ce cas, la couche superficielle de l'ivoire durcit, ses canalicules s'oblitèrent, et elle ne peut plus être aussi facilement entamée par les agents extérieurs.

Pour le dire en passant, il n'y a pas que la névralgie dentaire, c'est-à-dire l'inflammation de la pulpe mise à nu, qui soit cause des terribles *maux de dents*. Il arrive assez souvent, lorsque la carie est profonde, que la membrane périostique qui enveloppe

la dent et pénètre dans les racines s'enflamme à son tour. Ce peut être l'origine d'abcès qui se succèdent plus ou moins souvent. L'ablation de la dent soit à l'aide de la *clef de Garengeot* (fig. 138), soit à l'aide

Fig. 138. — Clef de Garengeot.

Fig. 139. — Davier.

d'un *davier* (fig. 139), devient presque toujours, tôt ou tard, nécessaire. Cependant, lorsqu'il s'établit, ou lorsque le chirurgien établit une communication constante, à travers l'os, avec le dehors, ce qu'on appelle une *fistule dentaire*, la dent est alors supportée.

Une dent arrachée et replacée dans son alvéole reprend parfaitement, pourvu qu'il ne se soit pas écoulé un trop long temps. On peut même, une fois extraite, la nettoyer, en oblitérer la cavité, couper le bout de la racine enflammée, sans compromettre le succès de la réimplantation. La dent d'un autre individu reprend de même, si la forme de l'alvéole se prête bien à la transplantation ; les chirurgiens du siècle dernier faisaient souvent usage de cette *greffe dentaire*, payée à prix d'or par le financier porteur de dents gâtées au savetier aux dents blanches.

« Mais, dit pompeusement un auteur moderne, l'heureuse philosophie de notre siècle y a fait renoncer. »

Rapport de la forme des dents avec la nourriture.

Revenons pour un instant aux variations de forme des dents. Elles sont généralement en rapport avec le genre de nourriture de l'animal. Permettez-moi de prendre quelques types bien tranchés, pour fixer vos idées par des faits précis.

Voici les mâchoires d'un Tigre, armées de leurs dents. Les incisives sont médiocres et assez tranchantes; les canines sont énormes, longues et pointues, admirablement disposées pour saisir la proie, la mettre à mort, et déchirer sa chair (fig. 140); les molaires sont tranchantes, et, en rapprochant la mâchoire inférieure de la supérieure, vous voyez qu'elles s'emboîtent en frottant l'une sur l'autre, comme les branches d'une paire de ciseaux : excellent instrument pour sectionner et hacher la chair enlevée déjà par grands lambeaux.

Fig. 140. — Mâchoire de Carnivore (tigre).

Fig. 141. — Mâchoire d'Herbivore (bœuf).

Voici, au contraire, les mâchoires d'un Bœuf : les canines manquent, et aussi les incisives de la mâchoire supérieure; les molaires, à couronne plate, frottent les unes sur les autres, comme des meules de moulin (fig. 141). On comprend qu'il

s'agit ici de broyer des grains, des feuilles, ou des branches d'arbre.

Ce n'est pas tout, ces molaires ne sont pas seulement composées d'une masse d'ivoire plus ou moins mamelonnée et recouverte d'émail; elles sont formées de lames d'ivoire avec leur enduit d'émail, plissées et contournées, et entremêlées de ciment osseux. Le ciment étant moins dur que l'ivoire, l'ivoire moins que l'émail, il en résulte qu'au bout d'un certain temps l'usure inégale provoquée par l'acte de broyer

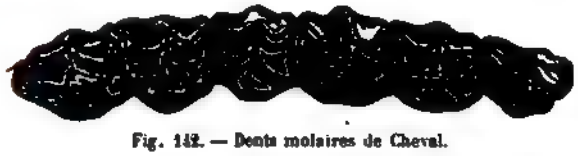


Fig. 142. — Dents molaires de Cheval.

a hérissé la molaire de saillies tranchantes d'émail, des mieux disposées pour son rôle. Une structure analogue se voit chez le Cheval, dont la nourriture est semblable (fig. 142).

Enfin, comme troisième exemple, je vous présente la mâchoire d'un *Castor* (fig. 143). Point de canines; des molaires broyeuses, de dimensions médiocres. Mais, au devant de la bouche, de chaque côté, deux longues incisives terminées en biseau tranchant, et frottant l'une contre l'autre, de manière à ronger un corps plus ou moins saillant. Fait curieux : ce frottement les use sans cesse; mais sans cesse elles réparent leur perte

Fig. 143. — Mâchoires de Rongeur (castor).

et gardent la même longueur. En un mot, elles poussent sans cesse, si bien que, si l'on en arrache une, la correspondante, n'étant plus arrêtée, grandit indéfiniment (fig. 144). Ceci n'est pas aussi extraordinaire qu'on le croit d'ordinaire, puisque, comme je vous le disais tout à l'heure, il en arrive autant à nos dents; seulement, la forme de la papille ne permet pas chez nous une croissance indéfinie, comme elle fait chez les Rongeurs.

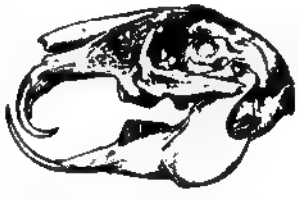


Fig. 144. — Incisives d'un Lapin ayant poussé indéfiniment parce qu'elles ne s'usent plus par leur rencontre.

Rapport de la forme des mâchoires avec la nourriture.

La forme des dents est en harmonie avec celle des mâchoires et celle de l'articulation de la mâchoire inférieure. Ainsi, chez le Carnivore, qui a besoin d'une grande puissance de préhension, car ses dents sont non seulement un appareil de mastication, mais une arme, la mâchoire est courte (fig. 145), ses muscles élévateurs directs énormes, ainsi que les crêtes osseuses sur lesquelles ils s'insèrent; l'articulation forme une sorte de charnière transversale d'où on a la plus grande peine, sur le squelette, à dégager la mâchoire inférieure.

Chez l'Herbivore, où les efforts sont moindres, et où des mouvements de latéralité sont nécessaires pour broyer les aliments entre les meules dentaires (fig. 146), les mâchoires sont longues, les muscles élévateurs directs assez médiocres, tandis que les muscles obliques prennent du développement; la surface articulaire est presque plate.

Enfin, chez le Rongeur, la mâchoire inférieure se meut dans une gouttière articulaire dirigée d'arrière

en avant (fig. 147), et les muscles dominateurs sont ceux qui la font avancer ou reculer dans l'acte de ronger.

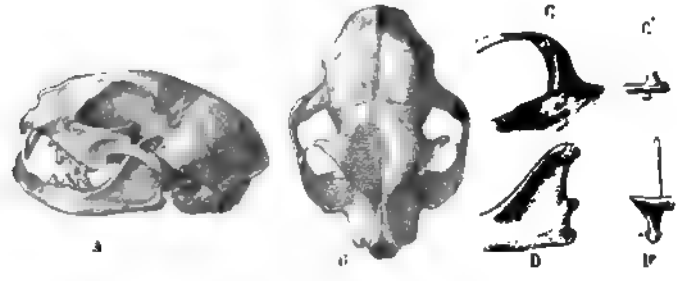


Fig. 145. — Crâne de Carnivore.

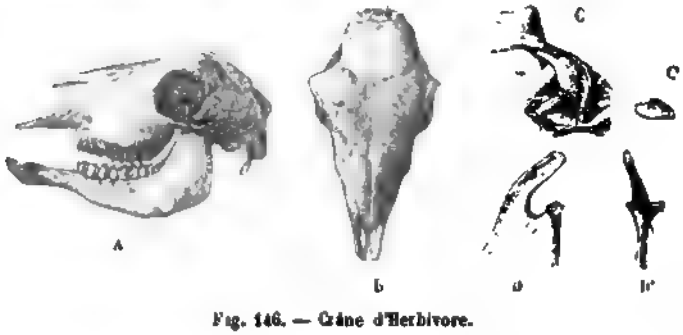


Fig. 146. — Crâne d'Herbivore.

Fig. 147. — Crâne de Rongeur.

A, crânes vus de profil; B, crânes vus en dessus; C,C' formes de l'articulation de la mâchoire supérieure; D,D', formes de l'articulation de la mâchoire inférieure.

Mais il ne faudrait pas croire que toutes les variétés de forme des dents et des mâchoires puissent

s'expliquer par l'utilité qu'en tire l'animal. A quoi servent à l'Éléphant ses énormes incisives? Pourquoi les Ruminants n'ont-ils pas d'incisives à la mâchoire supérieure (fig. 141)? De quelle utilité sont pour les lapins les deux petites dents placées en arrière de leurs longues incisives supérieures (fig. 144)? Pourquoi une des incisives du Narval avorte-t-elle, l'animal n'en ayant plus qu'une, qui s'allonge démesurément? On pourrait à l'infini multiplier ces questions insolubles! Il faut constater les harmonies naturelles lorsqu'on les rencontre, mais non les chercher de parti pris, et vouloir trouver partout un plan, un dessein prémédité.

Quoi qu'il en soit, ces différences de forme dans la dentition sont utilisées, comme nous le verrons, pour la classification des Mammifères.

Mastication.

Voici décrite la partie principale de l'appareil de la ***mastication*** : cet acte, très variable dans ses détails d'exécution, est nécessaire à l'alimentation de presque tous les mammifères.

Les aliments, hachés ou broyés par les dents, sont promenés dans la cavité buccale et ramenés sous les meules dentaires par la *langue*, organe charnu, de forme et de dimension variable, formé de nombreux muscles, qui partent soit d'un os nommé *hyoïde* (Υ, lettre grecque, et *εἶδος*, *eidos*, forme : os en forme d'Υ), situé immédiatement au-dessus du larynx, soit de la mâchoire inférieure. Nous aurons à nous en occuper avec quelques détails en d'autres circonstances. Je me contenterai aujourd'hui de la mentionner en passant. Son action est favorisée par les liquides ***salivaires*** dont nous parlerons dans un instant. Réduites ainsi en une sorte de bouillie, les substances alimentaires sont entraînées au fond de

l'arrière-bouche, au delà de deux piliers charnus qu'on voit aisément s'élever de chaque côté, lorsqu'on ouvre largement la bouche devant une glace ; ces deux piliers déterminent l'*isthme du gosier*.

Déglutition. Jusque-là, la volonté avait sur les aliments tout empire. Nous pouvions les promener dans toutes les parties de la bouche, les rejeter au dehors ou nous décider à les avaler. Mais, une fois cet isthme franchi, c'en est fait; en vain voudrions-nous rappeler dans la bouche le *bol alimentaire*, il est trop tard, et sa course continue fatalement vers les organes qui sont chargés d'achever sa préparation.

C'est le premier exemple que nous rencontrons de mouvements échappant à la volonté. Or, presque tous les mouvements qui ont pour résultat d'exécuter quelque acte indispensable à la vie de l'animal font partie de cette catégorie; tels sont, en effet, tous les mouvements des organes digestifs, dont nous allons dire un mot; tels sont les battements du cœur; tels sont encore, en partie du moins, les mouvements respiratoires, car, si nous pouvons les accélérer ou les ralentir à volonté, il nous serait impossible de les arrêter tout à fait. La plupart des mouvements que l'on pourrait appeler de protection sont encore dans le même cas : c'est ainsi, par exemple, que nos paupières se ferment malgré nous lorsqu'un corps étranger menace nos yeux.

On pourrait donc, disons-le en passant, puisque l'occasion s'en présente, quitte à revenir plus tard sur cet intéressant sujet, diviser nos mouvements en mouvements tout à fait involontaires, comme ceux du cœur ou de l'estomac ; en mouvements que la volonté peut produire, mais qu'elle ne peut pas

empêcher, comme ceux des paupières ou de la respiration; enfin, en mouvements franchement volontaires. Mais on doit faire remarquer que, sous l'influence de certaines maladies, ou simplement par l'effet d'habitudes qui finissent par s'imposer à la volonté, nombre de mouvements de cette dernière catégorie deviennent presque involontaires. A un degré extrême et souvent maladif, ces mouvements constituent ce qu'on appelle des *tics;* à un degré moindre, ce sont des mouvements allégoriques comme ceux de la physionomie, qui peignent nos divers sentiments, ou des mouvements associés, comme ceux que nous exécutons dans la marche, ou encore des mouvements d'habitude, comme ceux qu'imposent les diverses professions, et qui donnent à ceux qui les exercent une allure bien tranchée.

Mais laissons là cette digression, et revenons aux mouvements digestifs. Le bol alimentaire, ayant franchi l'isthme du gosier, passe alors rapidement, arrive dans le haut d'une sorte d'entonnoir musculeux, le *pharynx* (fig. 170), qui le saisit et le lance pour ainsi dire dans un conduit long et étroit (fig. 148). Celui-ci suit la colonne vertébrale dans toute la longueur du thorax, traverse le diaphragme, et, immédiatement au-dessous, débouche dans l'estomac par le *cardia*. Ce conduit, on le nomme *œsophage* (οἴσειν, *œsein*, porter; φαγεῖν, *phagein*, manger : qui porte ce qu'on mange).

Tube digestif.

Il est musculeux, comme l'estomac, comme l'intestin qui fait suite à l'estomac. Grâce à ces muscles, l'aliment chemine d'avant en arrière, imbibé sur son passage par des sucs de diverses natures, qui modifient sa forme, sa composition chimique même, en telle sorte qu'on ne saurait plus reconnaître sa nature pri-

mitive. Il est alors apte à être absorbé pour aller réparer les pertes incessantes de l'organisme.

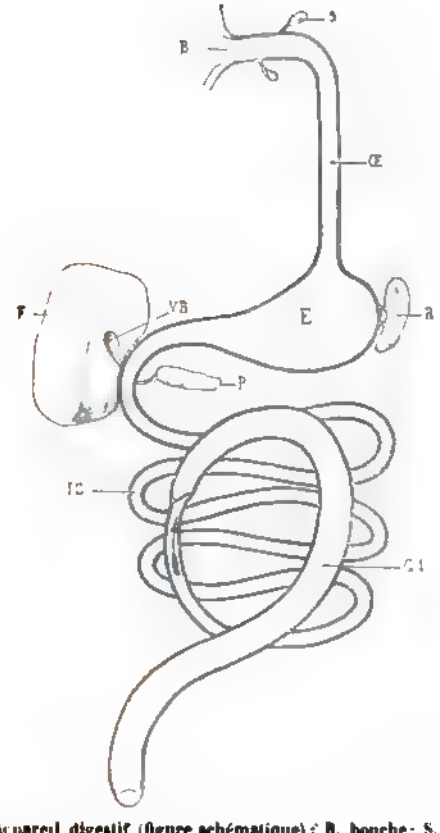


Fig. 148. — Appareil digestif (figure schématique) ; B, bouche; S, glandes salivaires; Œ, œsophage; E, estomac; R, rate; F, foie; VB, vésicule biliaire; P, pancréas; IG, intestin grêle; GI, gros intestin.

L'*estomac* est une cavité simple chez l'homme et la plupart des animaux carnassiers; mais chez beaucoup de mammifères il présente plusieurs loges dont nous aurons, en faisant leur histoire spéciale, à étudier le rôle. Son orifice de sortie, nommé le *pylore*, donne dans l'*intestin grêle*, sorte de tube très long, qui s'enroule sur lui-même en circonvolutions

nombreuses. Enfin, vient le *gros intestin*, que les anatomistes divisent en *cæcum*, *côlon* et *rectum*, où arrivent les résidus des matières alimentaires que les actes digestifs n'ont pu utiliser (fig. 148 et 149).

Sans parler ici des modifications de forme que présentent chez divers mammifères, et notamment chez les ruminants, comme le Cerf, le Chameau,

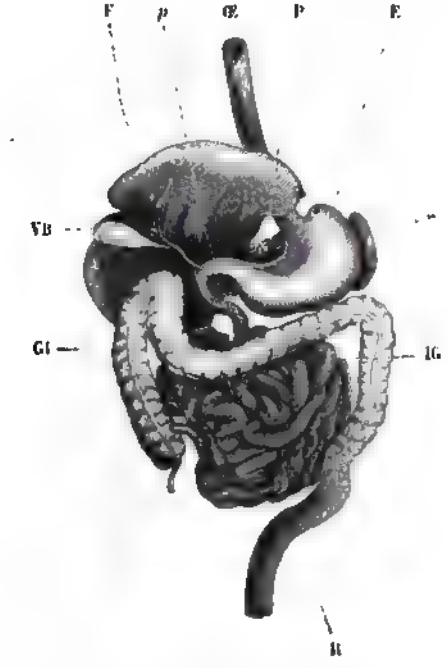


Fig. 148. — Tube intestinal de l'homme : Œ, œsophage; E, estomac; r, rate; p, pylore; F, foie renversé; VB, vésicule biliaire; P, pancréas; IG, intestin grêle; Gl, gros intestin; R, rectum.

les diverses parties de l'appareil digestif, je dois vous dire que ses dimensions en longueur et en grosseur varient avec la nature des aliments employés; elles sont d'autant moindres que la nourriture de l'animal est plus riche en matières animales, en chair, aliment facilement assimilable. Je puis vous prouver

cette assertion en vous disant que, chez le chat, par exemple, le tube digestif tout entier est seulement 3 ou 4 fois plus long que le corps lui-même, tandis qu'il l'est 28 fois environ chez le mouton. L'homme, qui use d'une nourriture mixte, est intermédiaire, sous ce rapport, aux herbivores et aux carnassiers ; son tube digestif (fig. 149) est 7 à 8 fois plus long que son corps.

Structure du tube digestif.

Le tube digestif est formé par un refoulement de la peau ; figurez-vous, pour vous en donner une idée, un doigt de gant replié sur lui-même. Ainsi repliée, la peau prend le nom de *muqueuse*, et son épiderme celui d'*épithélium* (ἐπὶ, *épi*, sur ; θήλη, mamelon).

A sa face profonde, comme du reste à celle de la peau, se voit une tunique musculeuse, composée de fibres dirigées dans le sens de la longueur du tube,

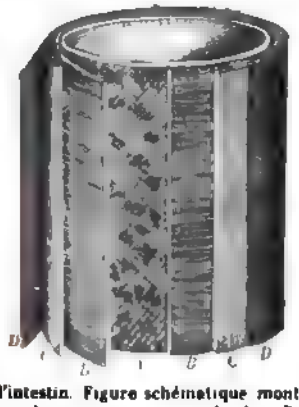


Fig. 150. — Fragment d'intestin. Figure schématique montrant, de la profondeur à la superficie : A, la couche *muqueuse* et ses glandes ; B, la couche *musculeuse* à fibres transversales ; C, la couche *musculeuse* à fibres longitudinales ; D, la couche *séreuse*.

fibres longitudinales, et de fibres beaucoup plus nombreuses, en couche continue, dirigées transversalement, comme des anneaux juxtaposés, ***fibres circulaires*** ou ***transversales*** (fig. 150). Les contractions de

ces fibres déterminent le cheminement des aliments, et servent ainsi, en les remuant et brassant, à les mêler avec les sucs digestifs, dont je vais vous indiquer la source et le mode d'action.

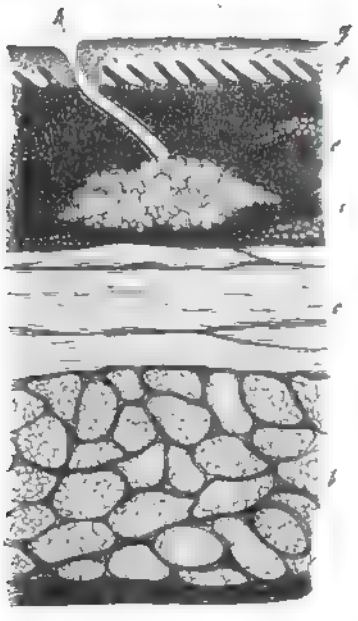


Fig. 151. — Section transversale de l'œsophage (grossiss., 50) : *b*, fibres musculaires longitudinales; *c*, fibres musculaires transversales; *e*, muqueuse; *f*, papilles; *g*, épithélium; *h*, ouverture d'une petite glande; *i*, globules de graisse.

A la face interne de la muqueuse, l'épithélium est composé de cellules qui, au lieu de devenir cornées, comme celles de l'épiderme, restent humides, gonflées, et tombent en se renouvelant sans cesse, si bien que sur plusieurs points il n'en existe qu'une seule couche (fig. 152). C'est l'affluence incessante des liquides qui produit cet effet; aux lèvres, l'épithélium, qui cesse d'être toujours imbibé de sucs, passe à l'épiderme; inversement, on a signalé une transformation de la peau du creux du genou en

muqueuse chez un idiot dont la jambe restait continuellement pliée sur la cuisse.

Ces liquides sont, d'une part, ceux qu'introduit

Fig. 152. — Épithélium intestinal à un seul rang de cellules (grossiss., 300).

l'alimentation ; d'autre part, ceux que déversent à la surface de l'intestin d'innombrables petites glandes.

On appelle *glande* un organe qui fabrique, au moyen de matériaux que lui apporte le sang, des substances particulières, lesquelles en sortent dissoutes dans l'eau qu'a aussi fournie le sang. Nous avons déjà rencontré, versant leur produit sur la peau, les glandes sudoripares et les glandes sébacées. Il existe de ces glandes, et non en moindre nombre, sur tous les points de la muqueuse intestinale.

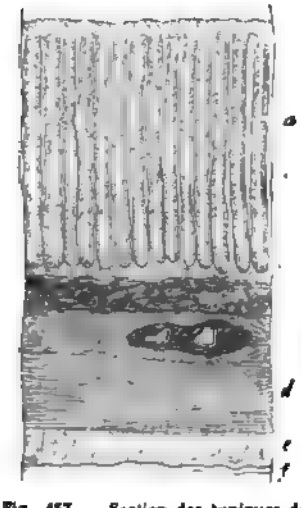


Fig. 153. — Section des tuniques de l'estomac (grossiss., 30) : *a*, glandes dans la muqueuse ; *d*, couche des fibres musculeuses transversales ; *e*, couche des fibres musculeuses longitudinales ; *f*, tunique séreuse.

Leurs formes sont très variées ; tantôt elles sont tubulaires (fig. 153), comme une partie de celles de l'estomac ; tantôt en petites cavités closes ou ouvertes (fig. 154). Ce sont là les glandes dites *simples*. Il existe aussi des glandes *composées*, auxquelles une comparaison qui

s'impose en quelque sorte a fait donner le nom de *glandes en grappe* (fig. 158). Les follicules clos sont quel-

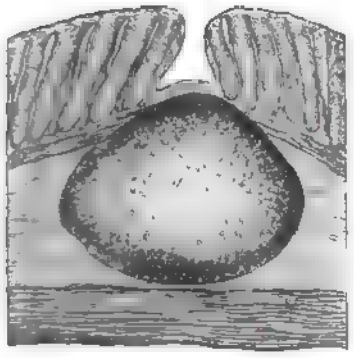


Fig. 154. — Glande simple de l'intestin (grossiss., 45).

Fig. 155. — Coupe d'une amygdale (grossiss., 10) montrant les nombreux follicules simples.

quefois réunis en masses plus ou moins considérables. C'est ainsi que sont constituées les *amygdales* (ἀμυγδάλη, *amygdalè*, amande) (fig. 155) placées au fond de la gorge entre les piliers du voile du palais. Sur certains points de l'intestin grêle, des follicules clos sont accumulés en plaques (fig. 156) nommées, à cause de l'anatomiste qui les a décrites, *plaques de Peyer*. Dans la terrible maladie connue sous le nom de *fièvre typhoïde*, ces plaques s'enflamment et parfois deviennent le siège d'ulcérations qui amènent la perforation de l'intestin et la mort.

Fig. 156. — Plaque de Peyer (grossiss., 4).

Lorsque les petites glandes réparties sur tout le

parcours de l'intestin sécrètent avec excès, elles déterminent un flux liquide; c'est ce qu'on obtient à l'aide des *purgatifs*, qui les irritent et les font sécréter; c'est de la même manière que du sel placé sur la langue fait apparaître la salive, et qu'un corps étranger fourvoyé dans l'œil fait sourdre les larmes.

Je dois vous signaler encore à la face interne de l'intestin grêle des replis nombreux (on en compte environ un millier chez l'homme) de la muqueuse, dits *valvules conniventes*, dont le rôle semble être sim-

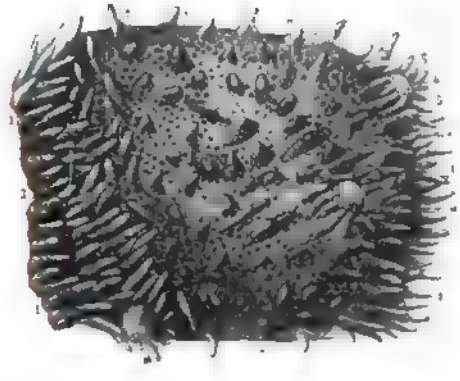


Fig. 157. — Portion de la membrane muqueuse de l'intestin grêle grossie, montrant les villosités (1 et 2), les orifices des glandules (3) et les follicules clos (4 et 5).

plement d'augmenter la surface d'absorption de l'intestin et le nombre des glandules sécréteurs. Cette disposition a en effet pour résultat d'augmenter de plus d'un tiers la surface de l'intestin grêle; celle-ci, pour le dire en passant, est chez l'homme d'environ un mètre carré. On voit encore, dans la même région, une infinie quantité de petites saillies ou *villosités* (fig. 157) qui donnent à la muqueuse l'aspect du velours; nous verrons quel rôle important elles jouent dans l'absorption des aliments modifiés

par la digestion. Enfin, à la fin de l'intestin grêle se trouve une valvule qui empêche tout reflux venant du gros intestin (fig. 148); les anciens anatomistes lui donnaient le nom significatif, et qui rappelle des pratiques dont Molière a immortalisé le souvenir, de *barrière des apothicaires* (ἀπὸ, *apo*, derrière; τίθημι, *tithêmi*, se placer). J'ajoute, en passant, que dans l'intestin grêle les matières alimentaires ne développent jamais ni gaz ni mauvaise odeur : ce sont des phénomènes qui n'apparaissent que dans le gros intestin.

Grosses glandes de la digestion.

En outre des petites glandes dont je viens de vous entretenir, toutes cachées dans l'épaisseur de la muqueuse, et qui ne laissent sourdre que des gouttes, très nombreuses, il est vrai, de liquide, on en distingue de grandes dimensions, qui ont reçu des noms spéciaux et jouent un grand rôle dans les actes chimiques de la digestion.

Les premières que j'aie à vous signaler sont les *glandes salivaires*, dont les conduits s'ouvrent tous dans la bouche. Ce sont des types de glandes en grappe.

Figurez-vous des grappes de raisin dont les grains et les pédoncules seraient creux; juxtaposez un grand nombre de ces grappes (fig. 158), en telle sorte qu'elles finissent toutes par se réunir dans un rameau commun; supposez ces grappes très nombreuses, leurs grains très petits, et vous aurez une idée de la structure des glandes salivaires.

On distingue trois paires de glandes portant ce nom : ce sont les parotides, les sous-maxillaires et les sublinguales.

Les *parotides* (παρὰ, *para*, proche; ὠτὸς, *ôtos*, oreille) sont, comme leur nom l'indique, situées en

avant et au-dessous de l'oreille; leur conduit s'ouvre dans la bouche par un petit tubercule qu'on aperçoit aisément à la hauteur de la troisième molaire supérieure. Ce sont elles qui se gonflent dans la maladie connue sous les noms vulgaires de *gifles* ou *oreillons*.

Fig. 158. — Structure intime d'une glande composée en grappe.

Les *sous-maxillaires*, cachées le long de la face interne de la mâchoire inférieure, et les *sublinguales*, placées immédiatement sur les bords de la langue, déversent leurs liquides au frein de la langue, à l'endroit même où elle devient libre dans la cavité buccale.

Dans l'intestin grêle, peu après l'orifice pylorique de l'estomac, débouche un canal qui apporte le liquide sécrété par une glande (fig. 148) dont la ressemblance avec les glandes salivaires est frappante, mais qui est plus grosse à elle seule qu'elles toutes ensemble : c'est le *pancréas* (πᾶν, *pan*, tout, et κρέας, *créas*, chair), la plus curieuse des glandes digestives, par les effets complexes du suc qu'elle sécrète.

Le *foie*, autre glande, et de beaucoup la plus volumineuse, occupe toute la partie supérieure de l'abdomen, à droite surtout, et se moule sur la concavité

du diaphragme. C'est aussi une glande en grappe, mais d'une structure extraordinairement compliquée. Le liquide qu'il sécrète, la *bile*, dont l'alcalinité, la couleur verdâtre et l'extrême amertume, sont connues de tout le monde, coule par des *canalicules biliaires* qui se réunissent pour former le *canal hépatique* (ἧπατος, *hèpatos*, foie) (fig. 159). Latéralement s'embranche un autre canal qui mène à un réservoir où s'accumule la bile, la *vésicule du fiel;* de ces deux canaux est formé un gros conduit appelé *cholédoque* (χολή, *cholè*, bile; δοχός, *dochos*, qui contient), qui va s'ouvrir dans l'intestin grêle, chez l'homme et chez beaucoup de mammifères, à côté du conduit pancréatique. Je dois ajouter que la vésicule du fiel manque chez un certain nombre de mammifères.

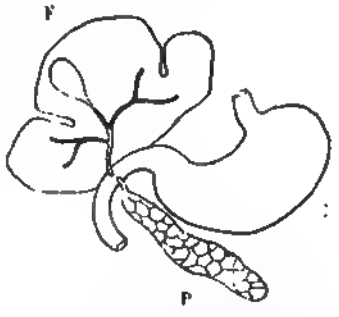


Fig. 159. — Figure schématique montrant l'estomac, E; le foie, F, avec la vésicule biliaire et les conduits biliaires, hépatiques et cholédoque; le pancréas, P.

On a coutume de décrire en même temps que les glandes digestives un organe fort curieux, la *rate*, sur l'histoire de laquelle nous reviendrons, en parlant de la circulation du sang. La rate est une masse d'aspect charnu, toute gonflée de sang, qui ne présente pas de canal excréteur, et qui se trouve au voisinage de l'estomac (fig. 148, 149). Elle est composée de loges imparfaitement circonscrites par des lamelles ou *trabécules* (fig. 160) irrégulièrement disposées. Sur les artères qui s'y distribuent se voient de petits (0mm,4) corps, dont le rôle est inconnu (fig. 161). La forme et les dimensions de la rate varient beaucoup

chez les mammifères. Sa grosseur varie également beaucoup, chez le même individu, suivant la quantité de sang dont elle est remplie ; comme son tissu est

Fig. 160. — Coupe transversale de la rate, montrant les trabécules (grandeur naturelle).

contractile et élastique, elle peut aisément soit se laisser gonfler, soit expulser le sang. C'est à sa distension

Fig. 161. — Portion d'une artère de la rate, avec les corpuscules grossis. 10

par le sang qu'il faut rapporter le *point de côté* de gauche qui survient souvent quand on a trop couru.

Le péritoine. Pour en finir avec cette vue générale jetée sur le tube digestif, il me reste à vous décrire la manière dont ces organes peuvent jouer librement les uns sur les autres dans la cavité de l'abdomen, sans cependant se mêler, se nouer, ni se froisser. Ces

avantages sont dus au *péritoine* (περί, *péri*, autour ; τείνω, *teinein*, tendre : tendre autour), membrane dont la distribution détaillée est fort difficile à bien connaître, et que nous étudierons à grands traits.

La cavité abdominale est fermée en haut par le diaphragme, en arrière par la colonne vertébrale, en avant, sur les côtés, en bas, par des plans musculaires. Supposez-la vide, et imaginez que ses parois soient tapissées d'une membrane susceptible de s'étendre comme le caoutchouc. Figurez-vous maintenant que les organes digestifs et leurs glandes annexes pénètrent lentement et progressivement dans la cavité, en allant d'arrière en avant, entre la colonne vertébrale et la membrane qui la revêt, comme s'ils poussaient entre un mur et un papier tenture.

Il va arriver deux choses : d'abord les organes vont,

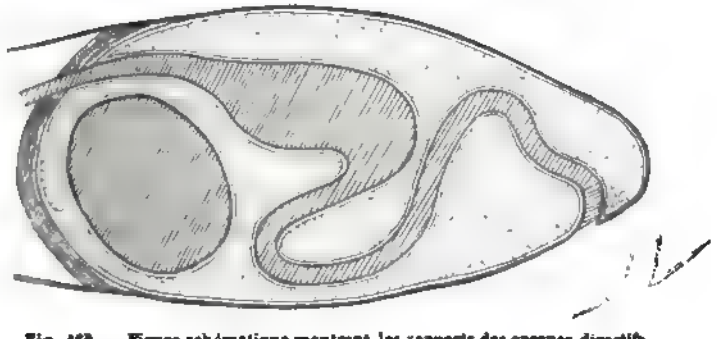


Fig. 162. — Figure schématique montrant les rapports des organes digestifs (hachures) avec la cavité péritonéale (pointillé).

eux, se revêtir de la membrane péritonéale, qui les enveloppera complètement en vertu de son élasticité; puis, en vertu de cette même élasticité, ils seront retenus à la paroi postérieure de la cavité abdominale par des lames membraneuses plus ou moins étendues (fig. 162).

C'es ce qui arrive en effet, et l'on donne le nom de *mésentère* à ces parties lamelleuses qui soutiennent les divers organes.

Notez, en outre, que ceux-ci remplissent en réalité toute la chambre abdominale; en telle sorte que le feuillet postérieur du péritoine, poussé d'arrière en avant, comme je viens de le dire, arrive à toucher le feuillet antérieur qui n'a pas bougé. La cavité du péritoine est donc en réalité une cavité fictive, comme l'est celle d'une poche vide dont les parois sont rapprochees. On n'y trouve que quelques gouttes libres du liquide qui sourd continuellement à sa surface, la lubrifie, la rend glissante, et permet ainsi aux organes de se déplacer sans frottements.

Le péritoine fait partie des membranes *séreuses*, comme disent les anatomistes. Nous avons déjà vu quelque chose d'analogue dans les articulations; nous retrouverons d'autres séreuses à propos d'autres organes, des poumons, du cœur. Lorsque le péritoine s'enflamme, dans la *péritonite*, le liquide devient plus abondant; cette inflammation est une des plus graves maladies dont nous puissions être atteints. Lorsque, sans guérir, elle passe à l'état chronique, il peut arriver qu'elle ne se manifeste que par une accumulation exagérée de liquide dans la cavité séreuse : c'est là ce que les médecins nomment l'*hydropisie* (ὕδωρ, *hydôr*, eau; ὄψις, *opsis*, apparence : semblable à de l'eau).

Les divers aliments.

Maintenant que nous connaissons la route que les aliments parcourent, nous devons étudier les modifications qu'ils subissent, et les agents de ces modifications; mais tout d'abord, dans quel but, pour quelle fin sont-ils modifiés?

Les aliments, nous avons déjà eu occasion de le

dire, ne sont autre chose que des substances plus ou moins semblables à celles qui constituent le corps des animaux, substances qui sont, par conséquent, susceptibles de remplacer dans ces corps les matériaux que détruit sans cesse le feu caché, mais ardent de la vie. La composition chimique des aliments est donc indiquée à l'avance par la composition chimique même du corps des animaux.

Nous étudierons celle-ci dans une prochaine leçon. Mais, pour le moment, je vous dirai seulement que les aliments peuvent être classés, suivant leur composition chimique, en plusieurs catégories :

1° L'eau ;

2° Divers autres liquides, souvent alcoolisés, comme le vin, la bière, etc.;

3° Des sels, comme le sel vulgaire, ou chlorure de sodium, des sels de chaux, etc.;

4° Différentes espèces de sucres ;

5° Des féculents (farines diverses : blé, maïs, riz, pommes de terre, manioc, etc.);

6° Des matières grasses : le beurre, les huiles, le gras de viande, etc.;

7° La chair des animaux, et des matières analogues contenues dans les œufs, le lait, le blé, etc., matières qu'on a nommées *albuminoïdes*, à cause de leur ressemblance avec l'*albumine* ou blanc de l'œuf, ou *azotées*, à cause de la présence de l'azote, qui manque dans les autres aliments.

Au point de vue de leur origine, on peut diviser les aliments en *aliments végétaux* et *aliments animaux*. Les premiers contiennent surtout des substances appartenant aux cinq premières catégories ; celles des deux dernières, et surtout de la dernière,

y sont généralement en moindre quantité. Il en est tout autrement pour les aliments d'origine animale, où prédominent surtout les matières grasses et albuminoïdes.

On peut encore considérer les aliments comme solubles dans l'eau, d'une part, et comme insolubles dans l'eau, d'autre part ; ces derniers sont surtout les féculents, les corps gras et azotés.

Cette division a une véritable importance, car l'un des buts de tous les actes digestifs dont nous allons nous occuper est de rendre solubles les corps insolubles, afin de leur permettre de traverser les parois de l'intestin et de pénétrer dans le sang.

Transformations digestives

En tête des corps insolubles, nous trouvons les féculents, la farine, etc. Comment se fait leur liquéfaction ? Beaucoup d'entre vous ont sans doute remarqué que, lorsqu'on tient pendant longtemps un morceau de mie de pain dans la bouche, il prend un goût sucré. C'est qu'en effet la farine s'est transformée en sucre, en un sucre particulier très-voisin du sucre de raisin ou *glycose* (γλυκὺς, *glycys*, doux), phénomène sur la nature chimique duquel je n'ai pas à insister ici.

Cette transformation a lieu sous l'influence de la *salive*, ou plutôt des salives, car, ainsi que je vous l'ai montré, la salive buccale est un liquide complexe, qui provient de plusieurs glandes.

Les féculents, imbibés de salive, suivent l'œsophage, traversent l'estomac et arrivent dans l'intestin grêle. Leur transformation en glycose n'est pas encore complète. Mais ils rencontrent alors le produit de la glande *pancréatique*, qui fournit un liquide produisant sur les féculents le même effet que la salive. Grâce à son action, la transformation commen-

cée s'achève, et dans la partie inférieure de l'intestin grêle on ne trouve plus de matières féculentes.

On peut répéter hors du corps, dans un simple verre, ces actions chimiques. Il n'est pas très difficile, en effet, sur un animal vivant, d'introduire

Fig. 163. — Chien avec une fistule salivaire, à laquelle on a adapté un petit réservoir en caoutchouc (la glande parotide est figurée en quadrillé).

un petit tube d'argent dans le conduit d'une glande salivaire (fig. 163) ou même du pancréas (fig. 164).

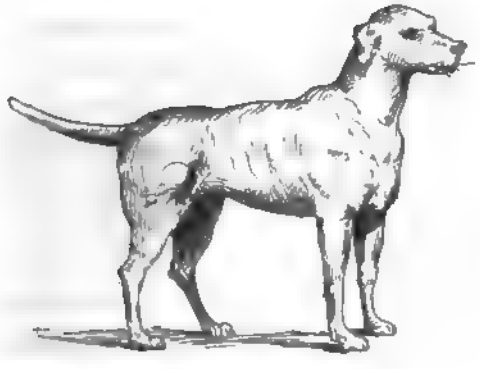


Fig. 164. — Chien avec fistule pancréatique, à laquelle on a adapté un petit réservoir en caoutchouc.

En y adaptant une petite vessie de caoutchouc, on arrive à recueillir ainsi une certaine quantité de

liquide qui, mise à une douce température, en contact avec de la farine, la dissout complètement et en fait du sucre. Quand la farine a été cuite, la transformation est immédiate : de là l'utilité de la cuisson du pain, des légumes, etc.

Les matières albuminoïdes ne sont pas chimiquement impressionnées par la salive, qui ne fait que faciliter leur trituration dans la bouche. Mais le suc fourni par les petites glandes logées en abondance dans les parois de l'estomac (fig. 155) agit énergiquement pour produire leur liquéfaction. Ce *suc gastrique* (*gaster*, estomac) est notablement acide, et sous son influence, en effet, elles finissent par se ramollir et se dissoudre ensuite.

A côté des fécules il faut placer les sucres cristallisables, comme ceux de la betterave et de la canne. Ceux-ci, bien que solubles, ne sont pas absorbés tels quels. Il faut que les sucs intestinaux les transforment en sucre incristallisable, en glycose, semblable à celui qui a été formé aux dépens des féculents.

Il ne s'agit pas là d'un simple ramollissement, d'une simple dissolution. L'albumine de l'œuf est liquide, elle, et cependant elle a besoin d'être digérée. Quand le suc gastrique a agi sur elle, on la trouve singulièrement modifiée. Ainsi, si on la fait cuire, elle ne devient plus dure, ainsi qu'elle faisait auparavant; elle ne se *coagule* plus, comme on dit; l'alcool, les acides, ne la solidifient pas non plus. D'albumine elle est devenue *albuminose* ou *peptone*, deux termes synonymes.

Or, quelle que soit la nature primitive de la matière albuminoïde, qu'elle soit muscle (*musculine*), fromage (*caséine*), *albumine* de l'œuf, *albumine* du

sang, ***albumine*** végétale (***gluten*** du blé, ***légumine*** du haricot, etc.), elle devient toujours de l'albuminose, sous l'influence des sucs digestifs. Nous verrons, en parlant de l'absorption, l'utilité de cette transformation.

On peut obtenir tous ces effets dans des vases où on a mélangé de la viande avec le suc gastrique. Spallanzani, qui, à la fin du siècle dernier, a découvert son action, et qui a le premier fait des ***digestions artificielles***, se le procurait en faisant avaler à des animaux de petites éponges sèches, attachées au bout d'une ficelle qui servait à les retirer lorsqu'elles étaient imprégnées de liquide. Maintenant, on fait une incision aux parois mêmes de l'estomac, et on place là un tuyau (fig. 165) qui ne paraît gêner en rien l'animal ; c'est ce qu'on nomme une ***fistule gastrique*** (fig. 166).

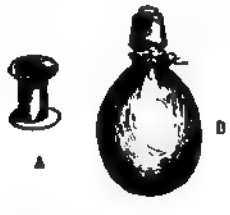


Fig. 165. — A, tube à deux pavillons, dont l'un entre dans l'estomac, tandis que l'autre sort à la surface de la peau ; B, sac en caoutchouc qu'on adapte au tube pour recevoir le liquide.

Fig. 166. — Chien auquel on a pratiqué une fistule gastrique.

Enfin, on retire encore le suc gastrique de l'estomac des veaux qu'on met à mort pour le service des boucheries ; c'est là qu'on va chercher un médicament

fort actif, la *pepsine*, que l'on donne aux personnes dont la digestion est difficile, médicament dont vous comprenez maintenant très bien l'action énergique sur les viandes et les autres matières albuminoïdes.

On a observé sur l'homme, à la suite d'accidents ou d'opérations chirurgicales, des ouvertures de l'estomac qui ont permis d'obtenir d'intéressants renseignements sur les différentes phases de la digestion stomacale. Vous pourrez lire, dans les ouvrages spéciaux, de longs détails sur l'histoire d'un chasseur canadien à qui un coup de feu avait enlevé une partie des parois de l'abdomen et de l'estomac, qui guérit et servit, pendant des années, aux innombrables observations du docteur de Beaumont. Tout récemment, M. le professeur Verneuil a pratiqué avec succès, chez l'homme, une véritable fistule permanente, en raison d'une oblitération complète du pharynx à la suite d'un empoisonnement par l'acide sulfurique ; le malheureux patient, qui se mourait de faim, a pu revenir à la vie en introduisant directement dans son estomac, par l'orifice de la fistule, les aliments nécessaires à son existence.

La physiologie a tiré parti de ces opérations. En examinant les parois stomacales de ces intéressants malades, on a vu que le suc gastrique se sécrète lorsqu'on introduit dans l'estomac des matières alimentaires, mais non si l'on y place des corps inertes, des pierres ou des morceaux de bois. On l'a vu aussi perler en gouttes nombreuses lorsqu'on présente au patient quelque mets savoureux : *l'eau lui vient à l'estomac*, comme à la bouche.

C'est du reste là un effet général pour toutes les sécrétions des glandes digestives. Dès le moment où

l'aliment est en vue, et surtout où il est placé dans la bouche, toutes les glandes entrent en action et déversent dans l'intestin leurs sucs actifs. Toutes les puissances digestives, dit excellemment Brillat-Savarin, se mettent sous les armes.

Le suc *pancréatique* agit, lui aussi, sur les matières albuminoïdes qui ont échappé à la digestion stomacale, de la même manière que le suc gastrique. Grâce à cette double influence, ces matières passent toutes, lorsqu'elles ne sont pas en quantités exagérées, à l'état de peptones solubles et absorbables.

Il ne nous reste donc plus que les matières grasses. Mais, pour celles-ci, les sucs digestifs n'auront pas seulement pour effet de les liquéfier. Lors même qu'elles sont liquides, comme les huiles, elles devront changer d'apparence, sinon de nature. Au contact de certains liquides, elles se divisent en petites gouttelettes extrêmement ténues, si bien que le liquide avec lequel elles se mélangent devient blanc, opaque, et prend tout à fait l'aspect du lait. Cette *émulsion*, comme on l'appelle, est produite par le contact du suc pancréatique et aussi par le contact de la *bile*.

C'est cette propriété remarquable d'émulsionner les matières grasses qui fait utiliser ce dernier liquide dans l'industrie du dégraissage.

Grâce à l'action successive et simultanée de ces liquides : salives, suc gastrique, suc pancréatique, bile, auxquels il faut ajouter les sécrétions des innombrables petites glandes qui tapissent d'un bout à l'autre tout le tube digestif, les aliments sont modifiés de telle manière qu'ils peuvent traverser les parois digestives pour pénétrer dans le sang, pour être,

comme on dit, *absorbés*. La plupart le seront sous forme liquide, réduits soit à l'état de glycose, soit à l'état d'albuminose, les matières grasses seules sous forme de petits globules en suspension, d'émulsion. Je vous parlerai dans une prochaine leçon de cette absorption, de ses moyens, de ses voies.

CINQUIÈME LEÇON

La Respiration. — La Voix.

Nous avons étudié l'appareil dans lequel les aliments solides et liquides sont modifiés de manière à pouvoir pénétrer dans l'organisme; nous allons aujourd'hui nous occuper d'un autre appareil, grâce auquel l'aliment gazeux, l'oxygène de l'air, peut à son tour pénétrer : je veux dire l'*appareil respiratoire*.

Thorax et appareil respiratoire.

La partie centrale de cet appareil est logée dans cette cage osseuse que constituent les vertèbres et le sternum, les côtes vertébrales et les côtes sternales, et que nous avons appelée le *thorax*. Les parois de cette cage sont revêtues de muscles qui la transforment en une cavité hermétiquement close (fig. 123, page 118, et fig. 166). Son ouverture inférieure est fermée par un muscle dont je vous ai déjà donné une description succincte, par le diaphragme, que traversent seuls l'œsophage et quelques gros vaisseaux sanguins dont nous nous occuperons plus tard. L'ouverture supérieure, beaucoup plus étroite, n'est pas revêtue de parois aussi résistantes; elle est, du reste, traversée à la fois par l'œsophage et par un tube qui établit communication entre la partie centrale de l'appareil respiratoire et l'extérieur. Ce tube est la

trachée-artère; cette partie centrale est formée par les deux *poumons*.

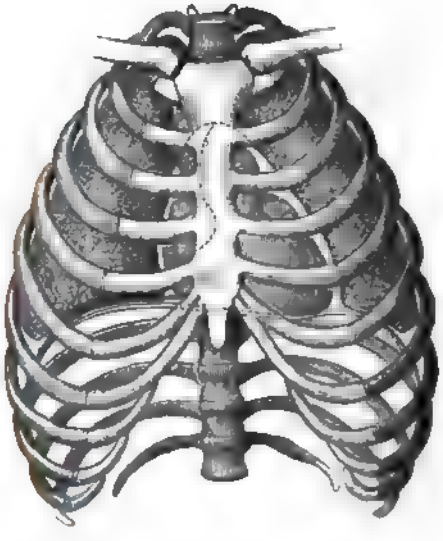


Fig. 166. — Cage thoracique; figure montrant les poumons, le cœur et la limite supérieure du diaphragme.

Nous pouvons nous faire rapidement une idée assez exacte de la structure du poumon. Considérons le tube trachéal à la région moyenne du cou, et suivons-le tandis qu'il pénètre dans le thorax, ou, comme on dit d'ordinaire, dans la poitrine. Il n'y fait qu'un court trajet et se bifurque bientôt : chacune de ces bifurcations, de ces *bronches primaires*, comme on les nomme en anatomie, donnera naissance à un poumon. et voici comment : la bronche primaire se divise bientôt pour former un grand nombre de *bronches secondaires;* celles-ci, à leur tour, fournissent des *bronches de troisième ordre*, et ainsi de suite (fig. 167). L'arbre pulmonaire, comme on le nomme parfois, se constitue de la sorte, à la façon de la tête d'un arbre

véritable, par ramifications successives, de plus en plus ténues; chez les deux sortes d'arbres, il arrive que des brindilles de la plus petite taille sortent directement des rameaux de deuxième et de troisième ordre. Enfin, les ramuscules de l'arbre portent des feuilles : ceux de l'arbre pulmonaire se terminent

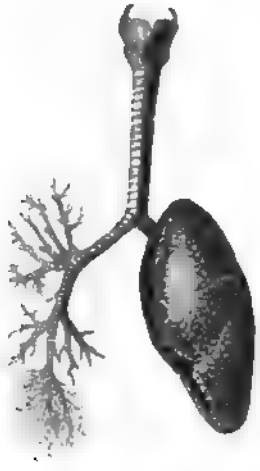


Fig. 167. — Appareil respiratoire. Le tissu pulmonaire a été détruit à gauche, de manière à montrer les ramifications des bronches.

Fig. 168. — Deux lobules pulmonaires, (grossies., 25) : *b,b*, cellules aériennes.

chacun dans une *vésicule pulmonaire*, au moment où leur diamètre n'est plus que de $0^{mm},2$ environ. Imaginez une sorte de sac très petit, garni de bouillons qui déterminent dans son intérieur des cloisons incomplètes (fig. 168). Ces sacs ont des dimensions minimes (de 1 à 3 dixièmes de millimètre) et des parois d'une minceur extrême. Ils sont accolés les uns aux autres, et leur ensemble constitue une masse spongieuse qui crépite lorsqu'on l'écrase entre les doigts, et qui, lorsqu'on la coupe, se montre perforée d'orifices de toutes les dimensions.

Si, en reprenant notre comparaison première, nous nous figurons un arbre dont toutes les branches, grosses et petites, seraient hérissées de feuilles si nombreuses qu'elles arriveraient à se toucher, à s'unir, et à ne former de toute la tête de l'arbre qu'une masse indivise ; si maintenant nous supposons que les branches et ces feuilles sont creuses, et que celles-ci sont boursouflées et forment de petits sacs, nous aurons une idée assez exacte de la structure du poumon.

Nous avons suivi la trachée du côté de la poitrine; remontons maintenant avec elle du côté de la tête. En chemin, nous rencontrons une assez vaste dilatation, sur la structure de laquelle nous reviendrons tout à l'heure : c'est le *larynx*, l'appareil producteur des sons. Enfin, nous voyons que la trachée s'ouvre au fond de la bouche, en arrière et à la base de la langue.

Chez beaucoup d'animaux, et dans l'espèce humaine en particulier, l'air peut s'introduire directement de la bouche dans la trachée : on peut, comme on dit, respirer par la bouche, les narines étant fermées. Mais ce n'est pas là un fait général chez les mammifères : par exemple, si l'on ferme les naseaux d'un cheval, il périt vite asphyxié. Chez nous-mêmes, dans l'état de calme, la respiration s'exécute exclusivement par les narines, et la bouche ne s'ouvre guère que lorsqu'il se rencontre quelque obstacle dans les voies naturelles.

Fosses nasales. C'est qu'en effet la véritable communication naturelle de la trachée et des poumons avec l'extérieur, ce sont les fosses nasales. Cette relation naturelle se caractérise encore par la propagation des maladies. L'inflammation de la muqueuse des fosses nasales,

le *rhume de cerveau*, comme on dit fort bizarrement, le *coryza* (κόρυζα, *coryza*), comme disent les médecins, a souvent pour conséquence une inflammation du larynx (*laryngite*), de la trachée (*trachéite*) et des bronches (*bronchite*).

Les fosses nasales sont composées de deux cavités s'ouvrant en avant par deux orifices que prolongent et protègent plus ou moins des parties cartilagineuses déterminant, suivant leur forme, un *nez*, un *museau*, une *trompe* (fig. 169). Ces deux cavités, qui correspondent avec diverses anfractuosités osseuses de la face et du crâne, ne sont séparées de la bouche que par une cloison horizontale, plafond pour celle-ci, plancher pour elles. Séparées l'une de l'autre par une cloison verticale, elles communiquent entre elles en arrière, et n'ont au fond de la bouche qu'un vaste orifice commun, situé précisément au-dessus de l'orifice du larynx. Si celui-ci s'élevait un peu, il entrerait directement dans cet orifice; c'est ce qui arrive dans certaines espèces, chez les baleines, par exemple, où le larynx va assez loin dans cette voie. C'est par là, chez tous les mammifères, que l'air passe le plus volontiers, et cette direction lui est facilitée par deux petits organes très remarquablement disposés : l'*épiglotte* (ἐπι, *épi*, au-dessus de) en bas, le *voile du palais* en haut. Ceci est assez difficile à expliquer et exige pour être compris une certaine attention.

Fig. 169. — Trompe de l'éléphant.

Demandez à quelqu'une de vos compagnes de se prêter de bonne grâce, et à charge de revanche, à

Pharynx.

une petite expérience. Priez-la de se tourner la figure du côté du jour et d'ouvrir la bouche tout au large; puis, avec le manche d'une cuiller à thé, abaissez la base de la langue. C'est là une scène assez disgracieuse et une manœuvre assez désagréable, je l'avoue; mais la curiosité scientifique a justifié ou du moins excusé bien d'autres pratiques. Si vous apportez dans celle-ci quelque précaution, si vous n'enfoncez pas trop loin la cuiller, votre amie n'éprouvera qu'un désagré-

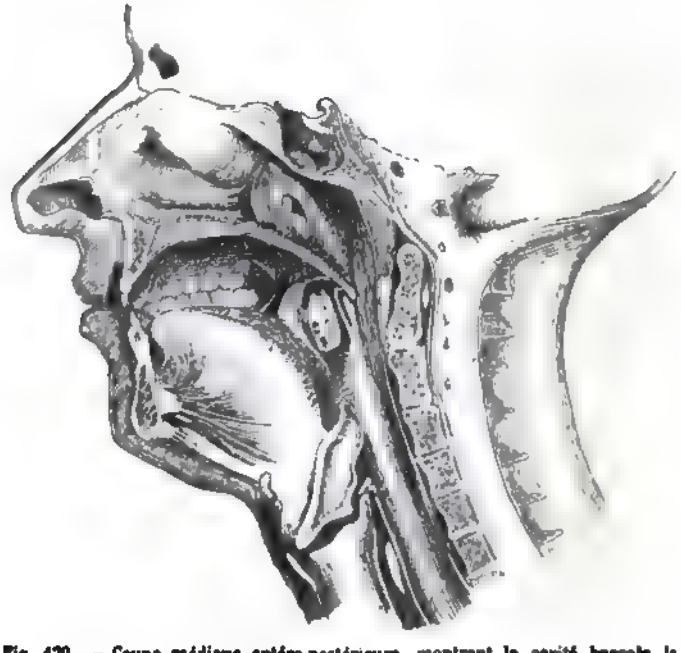


Fig. 170. — Coupe médiane antéro-postérieure, montrant la cavité buccale, la langue, le larynx au-dessous, surmonté de l'épiglotte, le pharinx, l'œsophage, les corps des vertèbres coupés, la moelle épinière.

ment très supportable. Dans cette position vous voyez le fond de la bouche (fig. 170); la gorge est à demi fermée par une membrane tendue transversalement, membrane qui descend de la paroi supérieure et est terminée par une petite languette médiane qu'on ap-

pelle la *luette* : c'est là le *voile du palais*. Un peu plus au fond, et tout à fait à la base de la langue sur laquelle il faut alors énergiquement presser, vous pourrez voir une petite crête saillante, triangulaire : c'est l'*épiglotte*. Ces deux parties sont séparées par une notable distance.

Chez un animal dans la position normale, c'est-à-dire à quatre pattes, la trachée est, à la région du cou, située en bas ; l'œsophage est plus près de la colonne vertébrale, en haut. A la tête, au contraire, les fosses nasales, prolongation de la trachée, sont en haut ; la cavité buccale, prolongation de l'œsophage, est au-dessous. Il y a eu là une sorte d'entre-croisement en forme d'X. Le tube respiratoire a traversé le tube alimentaire, beaucoup plus large que lui. Ce tube alimentaire, qui va sans cesse en s'élargissant de l'œsophage à la bouche (fig. 171), est comme une sorte d'entonnoir que traverseraient à sa partie moyenne

Fig. 171. — Figure schématique montrant la coupe de l'arrière-gorge au repos.

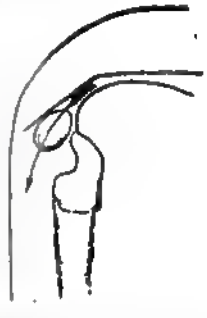


Fig. 172. — Figure schématique montrant la coupe de l'arrière-gorge pendant la déglutition.

deux tubes venant l'un d'en haut, l'autre d'en bas, et se rejoignant à peu près en son milieu, pour former une sorte de carrefour.

Mais, pourrez-vous me demander maintenant, com-

ment se fait-il que, chez nous, les aliments contenus dans la bouche, au moment où ils vont entrer dans l'œsophage, ne tombent pas dans le larynx, dont l'ouverture est là, béante, sur le plancher du conduit qu'ils parcourent? C'est que, au moment où l'aliment a franchi ce détroit dont je vous ai parlé, cet *isthme du gosier*, un mouvement violent, soudain, tout à fait indépendant de la volonté, s'exécute dans l'arrière-gorge, partie que les anatomistes appellent le *pharynx*. La base de la langue s'élève, refoule l'épiglotte, qui se recourbe en arrière pour protéger, à la manière d'un toit, l'ouverture du larynx, et les aliments passent à droite et à gauche, sans pénétrer dans la partie inférieure du tube aérifère. Pendant ce temps, le voile du palais se relève, se tend, et par un mécanisme fort curieux, mais qu'il serait trop long de décrire, oblitère complètement l'orifice postérieur des fosses nasales. L'aliment, réduit, par le jeu des mâchoires, de la langue et des joues, en une sorte de boule (le *bol alimentaire*) imprégnée d'une salive gluante qui favorise son cheminement, est pressé d'avant en arrière entre la langue et la voûte du palais; il culbute pardessus l'épiglotte et entre dans l'œsophage (fig. 172).

Mais, si quelque trouble survient pendant que s'exécute cet acte fort délicat de la déglutition, si l'on parle, si l'on rit, si l'on respire, en un mot, il arrivera très-probablement que quelque parcelle alimentaire et surtout que quelque goutte de liquide, attirée par le courant d'air, pénétrera dans le larynx. Ce contact insolite éveille dans cet organe une susceptibilité extraordinaire, et un accès de *toux* survient, qui a souvent pour résultat de chasser par les fosses nasales le liquide indiscret, prouvant ainsi

que les fosses nasales sont bien la prolongation naturelle de la trachée. Mais, lorsque ces régions sont insensibles, comme il arrive parfois chez les vieillards, des parcelles alimentaires peuvent entrer dans les voies aériennes. J'ai vu ainsi une aliénée s'étouffer et mourir après avoir rempli d'une assiette de potage ses bronches et sa trachée.

Revenons maintenant à celle-ci. Si nous l'envisageons vers le milieu de la région du cou, nous voyons qu'elle est composée d'anneaux cartilagineux, qui peuvent jouer les uns sur les autres, grâce à d'étroits intervalles membraneux. Mais j'ai tort de dire des anneaux : car ce ne sont que des demi-anneaux; la partie postérieure de la trachée est entièrement membraneuse.

Larynx.

Un peu avant de s'ouvrir au plancher de l'arrière-bouche, la trachée se renfle, avons-nous dit, pour constituer le *larynx*. Deux des anneaux cartilagineux prennent ici un très grand développement et deviennent des anneaux complets; ils acquièrent aussi un appareil musculaire considérable, qui leur permet de basculer l'un sur l'autre, de manière à agrandir ou à rétrécir la cavité du larynx, et à rendre plus ou moins longs et plus ou moins rigides deux rubans, ou plutôt deux replis tendus d'avant en arrière, et qu'on désigne sous le nom de *cordes vocales*. Le courant d'air expiré frappant fortement ces replis les fait entrer en vibration sonore, et la hauteur comme la force du son dépendent de la tension des cordes et de la forme de la cavité laryngienne; il y a là des conditions très complexes que je ne puis que vous laisser pressentir en ce moment, mais que nous étudierons à la fin de cette leçon.

Le larynx est protégé, comme nous venons de le dire, par l'épiglotte, et uni par une membrane et des muscles à un os transversal, l'*os hyoïde*, sur lequel s'insèrent la plupart des muscles de la langue. Ainsi tout cet ensemble d'organes, langue, voile du palais, pharynx, hyoïde, larynx, est relié par des muscles très compliqués, dont le jeu permet des mouvements d'ensemble pouvant servir tantôt à la respiration, tantôt à la déglutition, tantôt à la phonation.

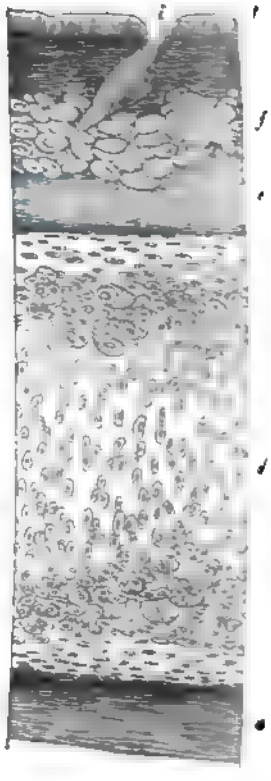


Fig. 173. — Coupe de la trachée (grossie 45) : *a*, tunique fibreuse, *d*, cartilages ; *e*, muqueuse, *f* portion de glande, avec son orifice *i*, *h*, épithélium.

Muqueuse respiratoire.

L'intérieur du larynx et de la trachée est tapissé par une membrane muqueuse analogue à celle qui revêt la cavité digestive (fig. 173). Mais l'épithélium qui en forme la couche la plus superficielle est très curieux à examiner (fig. 174). Chacune de ses cellules porte un certain nombre de filaments extrêmement fins et délicats qui sont dans une agitation continuelle ; ils s'abaissent, puis se relèvent, comme les tiges d'un champ de blé que courbent des coups de vent successifs. C'est là ce qu'on appelle un *épithélium à cils vibratiles*. Ces mouvements infiniment petits ont pour résultat de faire cheminer, des parties profondes vers l'extérieur, les particules qui se trou-

vent dans les canaux respiratoires. C'est en grande partie grâce à eux que nos poumons ne sont pas

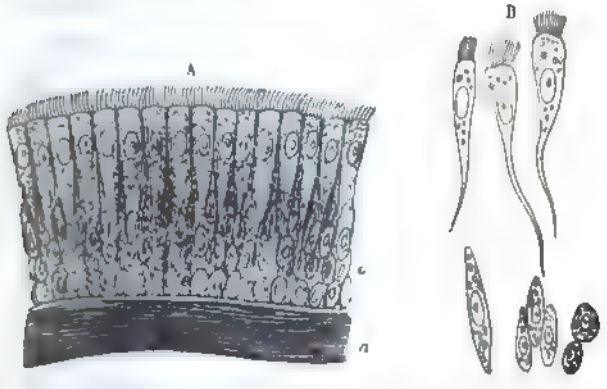


Fig. 174. — A, Épithélium vibratile (grossiss., 350) : *a*, muqueuse; *c*, cellules sans cils vibratiles; *e*, cellules à cils, B, cellules isolées des diverses couches.

souillés et bientôt remplis par les poussières ténues qui flottent dans l'air que nous respirons.

De pareils mouvements existent sur le palais de la grenouille, où il est très facile de les mettre en évidence en plaçant sur la muqueuse quelque poudre colorée (fig. 175).

Fig. 175. — Figure montrant le mouvement de poudres entraînées par les cils vibratiles du palais de la grenouille

Si nous passons de la trachée aux bronches, nous trouvons, dans les divisions de premier rang, une structure identique. Puis, graduellement, le tube s'amincit, les anneaux cartilagineux deviennent de moins en moins distincts et finissent par disparaître; la paroi membraneuse diminue d'épaisseur, et

finalement se réduit à une couche d'une minceur extrême portant toujours l'épithélium à cils vibratiles. Enfin, nous arrivons à la vésicule pulmonaire (fig. 176), et là les cils disparaissent et la cellule

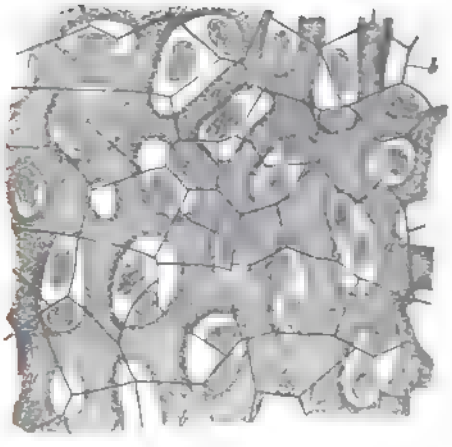


Fig. 176. — Épithélium d'une cellule aérienne du poumon (grossiss. 350) : *a*, vaisseaux capillaires; *b*, cellules épithéliales avec leurs noyaux *c*.

épithéliale s'aplatit en devenant d'une délicatesse extraordinaire.

Cette différence dans la nature des épithéliums est en rapport avec d'autres différences de structure très curieuses qui séparent les bronches les plus petites des vésicules pulmonaires, même sous le rapport des maladies. Nous n'avons pas encore parlé de l'appareil circulatoire, mais vous savez toutes que le poumon possède, au même titre qu'une partie quelconque du corps, des artères remplies d'un sang rouge chargé de le nourrir : or, ces artères se distribuent exclusivement aux bronches grandes et petites. Au contraire, les vaisseaux contenant le sang noir, qui revient du cœur dans le poumon chercher l'oxygène, enveloppent exclusivement de leurs ramifications

délicates les vésicules pulmonaires. Enfin, les rhumes plus ou moins forts, qui sont des inflammations des bronches, des *bronchites*, dégénèrent rarement en *fluxions de poitrine*, qui sont des inflammations des vésicules pulmonaires, des *pneumonies*, et, réciproquement, les pneumonies survenues directement ont rarement pour conséquences des inflammations bronchiques.

Mouvements respiratoires.

Nous nous sommes longuement étendus sur la structure du poumon. Il faut maintenant nous occuper de la manière dont il fonctionne. L'air y entre et en sort par des mouvements alternatifs, auxquels on a donné le nom d'*inspiration* et d'*expiration*. Dans l'inspiration, la cage thoracique se dilate, et l'air pénètre par les fosses nasales et la trachée dans le poumon, absolument comme il entre par la douille d'un soufflet dont la soupape est bouchée, quand on écarte les valves du soufflet. Dans l'expiration, l'effet inverse a lieu par le rétrécissement de la cage thoracique (fig. 177).

Le principal agent de la dilatation de la poitrine est le diaphragme. Celui-ci, avons-nous dit, présente, dans l'état de repos, une voûte à convexité supérieure, dont tous les bords sont fixés à des os. Quand ses fibres se contractent, se raccourcissent, elles s'efforcent de prendre la direction de la ligne droite, et la voûte s'aplatit, de manière à agrandir la cavité de la poitrine.

Celle-ci s'agrandit encore par le jeu des côtes. Des muscles partent des vertèbres du cou, et viennent s'insérer sur les côtes. Quand ils se contractent, ces côtes se trouvent soulevées. Vous pouvez vous faire une idée fort simple du mouvement qu'elles exécu-

tent alors. Laissez tomber vos bras avec les mains jointes, puis ramenez-les à l'horizontale, en faisant légèrement tourner vos coudes en dehors : vous aurez ainsi assez exactement reproduit le mouvement des côtes. Ce mouvement a donc pour résultat

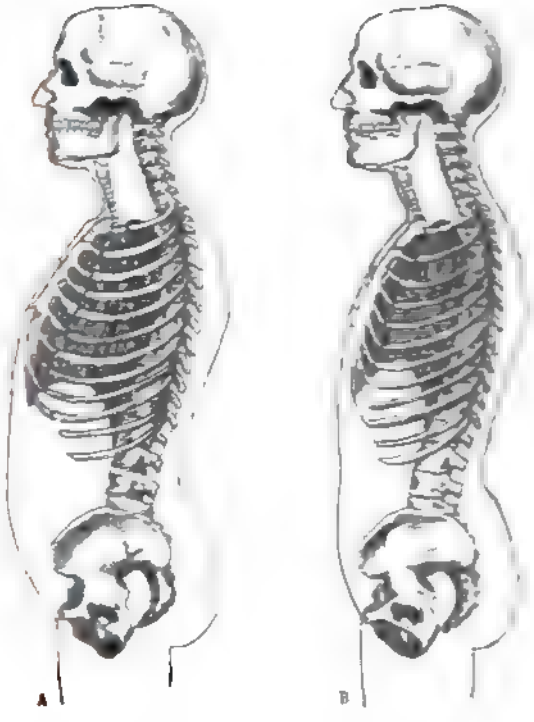


Fig. 177. — A, état d'inspiration ; B, état d'expiration.

d'agrandir chez nous la poitrine dans le sens antéro-postérieur et dans le sens transversal, tandis que le diaphragme l'agrandit principalement dans le sens vertical.

Quant à l'expiration, elle se fait tout simplement par le relâchement des muscles qui ont produit l'inspiration, et par l'action de l'élasticité pulmo-

naire, qui est très considérable. Le poumon, dilaté par l'air, revient sur lui-même quand l'inspiration a cessé, à peu près comme ces petits ballons de caoutchouc, dont s'amusent les enfants, se rétractent lorsqu'une piqûre leur permet de rejeter le gaz qui les gonflait; et dans son mouvement de retrait, il entraîne à la fois toutes les parties de la cage thoracique, qui s'affaissent, et le diaphragme, qui remonte dans la poitrine.

Bien que les poumons suivent tous les mouvements de la cavité thoracique, il ne faudrait pas se figurer qu'ils lui sont accolés sur tous les points de leur surface. Au contraire, ils glissent librement le long de ses parois internes, auxquelles rien ne les attache. Ainsi, pas de moyen d'union, et cependant application intime. Cela est fort étonnant au premier abord, et cependant les notions les plus élémentaires de la physique suffisent pour faire comprendre ce problème.

Supposons, en effet, la cage thoracique dans l'état d'affaissement, d'expiration. Les poumons, par leur surface extérieure, sont exactement appliqués sur sa paroi intérieure. Vient-elle alors à se dilater par l'action des muscles inspirateurs, l'air se précipite dans les poumons, et ceux-ci, nécessairement, doivent suivre le mouvement du thorax, et lui rester toujours appliqués. Car, sans cela, il faudrait que le vide se fît entre les poumons et les parois de la cage, ce qui est impossible.

Mais, lorsqu'une ouverture se trouve accidentellement établie dans les parois, lorsque, par exemple, un coup d'épée a percé la poitrine, il arrive qu'au moment de la dilatation du thorax l'air se précipite à la fois par la trachée et par l'orifice de la blessure;

si celle-ci est assez grande, il ne pénètre presque plus rien dans le poumon, qui devient ainsi immobile, inutile. Si la blessure est double, les deux poumons seront gênés, peut-être arrêtés dans leurs fonctions, et la mort pourra s'ensuivre. Vous comprenez tout de suite ce qu'il faut faire en pareil cas : insuffler de l'air dans les poumons par les narines ou la trachée, jusqu'à ce qu'ils remplissent complètement le thorax, puis fermer hermétiquement les plaies, pour empêcher l'air d'entrer; la respiration pourra continuer à s'exécuter.

Plèvre. Cet espace dans lequel l'air s'introduit lors des blessures pénétrantes de la poitrine, cet espace qui n'existe pas dans l'état normal, pas plus qu'il n'existe d'espace entre les deux parois d'un sac vide appliquées l'une sur l'autre, porte le nom de *cavité de la plèvre* (fig. 178).

La *plèvre* (πλευρά, *pleura*, côte, flanc) est la membrane qui la tapisse, comme un papier de tenture tapisse les murs d'une chambre. Cette cavité ne se manifeste que lorsque de l'air ou du liquide y pénètre. De l'air, nous avons vu dans quel cas; du liquide, il s'y en présente trop souvent.

Il arrive, en effet, que la plèvre s'enflamme, et alors il s'y forme une certaine quantité d'un liquide analogue à celui qui apparaît sous les vésicatoires. Le poumon, refoulé, est frappé d'une inertie plus ou moins complète (fig. 179). C'est là la *pleurésie*, maladie grave et malheureusement fréquente. Si la pleurésie est *double*, la mort peut survenir rapidement. Ce liquide, ainsi épanché, disparaît parfois de lui-même; dans d'autres cas, il faut lui frayer un passage et percer la poitrine, passez-moi la compa-

raison presque burlesque, mais exacte, comme on perce un tonneau.

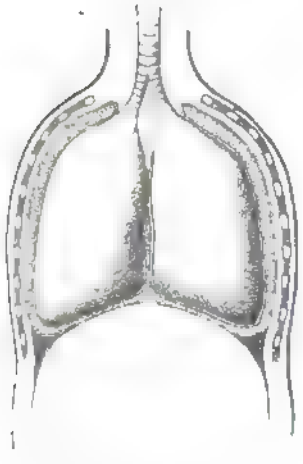


Fig. 178. — Figure schématique montrant une coupe du thorax avec les deux poumons et les cavités pleurales (en pointillé).

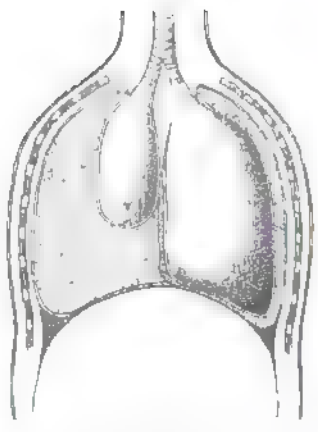


Fig. 179. — Fig. schématique montrant une coupe du thorax, avec un épanchement de liquide dans la plèvre droite, et le poumon droit ratatiné.

Aération pulmonaire.

Pour en revenir aux mouvements respiratoires, il est facile de comprendre qu'ils renouvellent l'air dans les poumons, en en ventilant, peut-on dire, le contenu. Il ne faudrait pas croire, cependant, qu'à chaque expiration les poumons soient complètement vidés de l'air impur qui s'y trouvait, et qu'après l'inspiration ils ne soient plus remplis que d'un air nouveau. Il s'en faut de beaucoup qu'il en soit ainsi, et ceci m'amène à vous citer quelques chiffres intéressants sur la valeur des mouvements respiratoires dans l'espèce humaine.

Nous faisons, en moyenne, 12 à 18 mouvements respiratoires par minute. Chacune des inspirations introduit environ 1/2 litre d'air dans nos poumons, et 1/2 litre en est chassé à l'expiration suivante. Or, il reste dans les poumons, après une expiration

moyenne, environ 2 litres 1/2, soit 5 demi-litres; l'inspiration n'introduit donc qu'un sixième d'air frais. Si nous faisons une inspiration aussi grande que possible, nous pouvons faire entrer à peu près 2 litres d'air nouveau. Nos poumons contiendront donc alors 4 litres 1/2 d'air. Si maintenant nous faisons une expiration aussi forte, aussi prolongée que possible, nous chasserons d'abord nos 2 litres d'air, puis 1 litre 1/2 encore; mais il en restera toujours 1 litre, qu'aucun effort ne pourra rejeter au dehors; c'est ce qu'on appelle le *résidu pulmonaire*.

Composition de l'air expiré.

L'air que nous chassons par une expiration n'a pas la même composition que celui que vient d'introduire l'inspiration. Celui-ci, vous le savez toutes, est composé d'oxygène et d'azote, dans la proportion de 1 à 4 environ, ou plus exactement de 21 d'oxygène et 79 d'azote; on n'y trouve que des traces à peu près insignifiantes d'acide carbonique. Au contraire, dans l'air expiré on ne trouve plus que 15 à 16 p. 0/0 d'oxygène, et les quatre ou cinq centièmes qui manquent sont remplacés par de l'acide carbonique.

Ainsi, dans l'acte respiratoire, il y a absorption d'une certaine quantité d'oxygène, et exhalation d'une quantité un peu plus faible d'acide carbonique. Si nous voulons nous rendre compte de la quantité de ces gaz que l'homme consomme ou rejette dans un temps donné, nous n'avons qu'à nous reporter aux chiffres que nous venons de donner. Un homme fait en moyenne, par minute, 15 inspirations de 1/2 litre chacune: il lui passe donc par les poumons 7 litres 1/2 en une minute, soit 450 litres environ par heure, c'est-à-dire près d'un demi-mètre cube. Ces 450 litres d'air contenaient 94 litres d'oxygène;

après la respiration, ils n'en contiennent plus en moyenne que 70 litres. Il y a donc eu 24 litres d'oxygène consommés par heure, soit par jour 576 litres. En revanche, les 450 litres d'air expiré contiennent 20 litres d'acide carbonique à peu près. Il y a donc, en 24 heures, dans les conditions moyennes que je viens d'indiquer, 480 litres d'acide carbonique exhalé; ces 480 litres pèsent 944 grammes, et contiennent 256 grammes de carbone. Je vous prie de remarquer ce chiffre; il vous donne, en effet, une idée de la déperdition à laquelle est quotidiennemnt soumis notre organisme. Sans cesse, en effet, l'oxygène s'introduit par les actes respiratoires, et son introduction a pour conséquence une série d'actes chimiques, dont le dernier terme est la formation d'acide carbonique.

On a maintes fois comparé le corps d'un animal à un foyer dans lequel, en effet, l'oxygène de l'air entretient une combustion qui fournit l'acide carbonique. Mais il faut bien savoir que, dans le foyer, l'oxygène se combine immédiatement au carbone du bois ou de la houille pour former de l'acide carbonique, tandis que, dans le foyer vivant, cette formation est le résultat ultime de modifications chimiques très compliquées, et dont la science n'a pas encore pu établir la succession.

Asphyxie.

La respiration ne s'exécute avec cette régularité que dans le cas où l'air se renouvelle d'une manière très régulière. S'il en est autrement, des troubles surviennent, l'oxygène s'épuise, et l'animal ou l'homme éprouve des accidents qui vont en augmentant, et peuvent entraîner la mort. Lorsque, dans l'air que l'homme respire, la proportion d'oxygène des-

cend à 16 ou 14 pour 100, il y a gêne respiratoire très notable. La mort survient chez les mammifères maintenus en vases clos dans l'air confiné, quand il n'y a plus que 4 ou 5 pour 100 du gaz vital, ce qui manque étant remplacé par de l'acide carbonique; mais ce dernier ne joue dans cette mort par l'*asphyxie* (*α*, *a* négatif; σφύξις, *sphysies*, pouls : mauvaise expression, car le pouls ne cesse pas d'abord) aucun rôle actif. La mort arrive pour la même raison lorsqu'on enlève, à l'aide de la machine pneumatique, l'air du vase où est enfermé un animal (fig. 180).

Fig. 180. — Oiseau mourant d'asphyxie dans le vide fait par la machine pneumatique.

Vous comprenez la raison scientifique de l'aération qu'on s'efforce d'obtenir dans tous les endroits où se trouvent réunis une certaine quantité d'hommes. L'expérience a montré que, pour amener dans les théâtres ou les hôpitaux des conditions normales pour l'acte respiratoire, il faut fournir à chaque homme environ 30 mètres cubes d'air par heure.

Absorption gazeuse pulmonaire.

Il n'y a pas que l'oxygène qui puisse être absorbé par le poumon lorsque l'inspiration l'a rempli d'air. Tous les gaz qui se trouvent accidentellement mélangés à cet air le sont également.

Ce fait a parfois des conséquences redoutables. C'est ce qui arrive pour le gaz des égouts, pour le gaz d'éclairage, etc.; mais c'est la combustion du charbon qui occasionne les accidents les plus nombreux. En effet, dans les conditions où elle s'exécute incomplètement dans nos foyers, il se produit, en outre de l'acide carbonique (CO^2), un gaz bien autrement dangereux, l'oxyde de carbone (CO). De très faibles proportions de ce gaz, introduites dans les poumons, sont absorbées et entraînent la mort par suite d'un acte des plus curieux, dont je vous parlerai plus tard. Les journaux sont remplis de récits d'accidents et de suicides occasionnés de la sorte. Dans ces douloureuses circonstances, il peut arriver deux choses : ou bien la combustion du charbon produit une quantité considérable d'acide carbonique et fait disparaître l'oxygène de l'air : la mort alors arrive avec calme et presque sans douleur, par asphyxie simple; ou bien l'oxyde de carbone apparaît en proportion notable, et il détermine une mort accompagnée de terribles douleurs et d'une agitation effrayante.

L'absorption des gaz par le poumon est, dans un ordre de faits tout différents, utilisée par la médecine. Il y a une trentaine d'années, le plus célèbre des chirurgiens français, Velpeau, déclarait que c'était rêver que de vouloir dans les opérations supprimer la douleur, et presque aussitôt les Américains Wells et Morton et le Français Flourens découvraient que le protoxyde d'azote, l'éther et le chloroforme,

absorbés par les voies respiratoires, suppriment la sensibilité et sauvent les patients des angoisses et des douleurs qui précèdent ou accompagnent l'action du chirurgien. Après quelque agitation, il se produit un sommeil paisible, et, dans l'immense majorité des cas, sans danger. C'est que ces matières volatiles, mélangées à l'air, s'introduisent avec l'oxygène dans le sang, et vont, emportées par celui-ci, agir directement sur les centres nerveux.

Une chose curieuse, et en apparence étrange, c'est qu'on peut avaler par la bouche, introduire dans l'estomac, de grandes quantités d'éther ou de chloroforme sans être endormi. Cependant ces substances sont également absorbées, introduites dans le sang. Comment se fait-il qu'elles n'agissent pas? C'est ce que vous comprendrez aisément quand je vous aurai parlé de la *circulation du sang*.

Toux, rire, etc. Un certain nombre d'actes, qui ont peu ou point de rapports avec la respiration, mettent en action les mécanismes respiratoires. Telle est la *toux*, tels sont le *hoquet*, le *rire*, le *bâillement*, le *sanglot*, le *vomissement*, etc. Le rire est produit par des alternatives rapides d'inspirations et d'expirations brusques, le hoquet par des contractions soudaines et violentes du diaphragme, le vomissement par la contraction simultanée du diaphragme et des parois abdominales, à laquelle aide la contraction propre de l'estomac.

Dans l'*effort*, nous faisons une grande inspiration; puis le larynx se ferme par la contraction des muscles qui forment les cordes vocales, et nous donnons ainsi aux muscles du bras un point d'appui solide sur le thorax gonflé et immobile.

PRODUCTION DE LA VOIX.

Parmi les phénomènes dont l'histoire se rattache à celle de l'appareil respiratoire, le plus intéressant peut-être est celui de la production de la voix.

Description du larynx.

C'est dans le *larynx*, comme chacun le sait, que se produit le son, par l'effet du choc de la colonne d'air poussée par le poumon en expiration sur des cordes ou membranes tendues, connues sous le nom de *cordes vocales*. L'acuïté de ce son dépend du degré de tension que présentent ces cordes, et ce degré est réglé par le jeu fort compliqué des muscles qui font mouvoir les cartilages laryngés.

Le larynx est essentiellement composé par deux cerceaux cartilagineux de la trachée, qui se sont notablement modifiés dans leur forme (fig. 181). L'un, le plus important, a la forme d'un bouclier dont la convexité serait tournée en avant; il présente, surtout chez l'homme, une saillie qui lui a mérité le nom irrévérencieux de *pomme d'Adam :* c'est le cartilage *thyroïde* (θυρεός, *thyreos*, bouclier). Au-dessous,

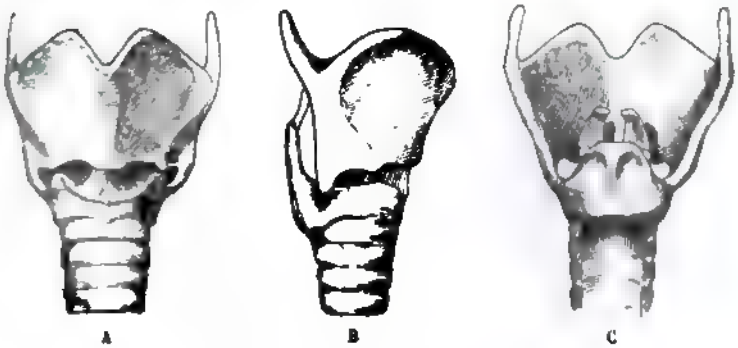


Fig. 181. — Cartilages du larynx de l'homme vus : A, par devant ; B, de profil ; C, par derrière.

vient le cartilage *cricoïde* (κρίκος, *cricos*, anneau), qui ressemble à une bague dont l'anneau serait en avant et le chaton en arrière.

Au-dessus et en arrière du cartilage cricoïde, et s'articulant avec lui, se dressent deux petits cartilages en forme de triangles à base inférieure, dont les mouvements présentent la plus grande importance dans la production du son laryngé. On leur donne le nom de cartilages *aryténoïdes* (ἀρύταινα, *arytæna*, entonnoir).

Ces divers cartilages sont unis les uns aux autres par des articulations, par des membranes, et aussi par des muscles dont je vais vous parler dans un moment.

Si nous ouvrons maintenant le larynx, nous voyons de chaque côté de la cavité deux saillies horizontales dirigées d'avant en arrière. La supérieure ne joue aucun rôle dans la production de la voix, et nous ne nous en occuperons point; mais l'inférieure est la vraie corde vocale (fig. 182), et nous devons nous y arrêter.

Fig. 182. — Coupe verticale et transversale du larynx vue par derrière : *a*, épiglotte, *d*, coupe de la corde vocale supérieure, *f*, corde vocale inférieure, vraie corde vocale, avec la coupe du muscle *g* qui la constitue.

Enlevons la muqueuse qui la recouvre. Nous trouvons alors qu'elle est constituée par une bande fibreuse et par un muscle. Ce ruban contractile s'insère en avant au cartilage thyroïde, en arrière au cartilage aryténoïde, d'où son nom de muscle *thyro-aryténoïdien*. Lorsque ce muscle se contracte, la corde vocale se tend et en

même temps s'épaissit ; de plus, elle se raccourcit autant que le permet la rigidité notable des parties sur lesquelles elle s'insère. De là, vous le comprenez, des modifications importantes dans le son que peut rendre cette corde ou mieux cette *anche* membraneuse, lorsqu'elle est mise en vibration par la colonne d'air qui sort de la poitrine.

Il y a, bien entendu, une corde vocale de chaque côté. Les deux cordes s'attachent très près l'une de l'autre, à leur extrémité antérieure, sur le cartilage thyroïde ; en arrière, au contraire, leurs attaches sont écartées d'une distance variable. Il en résulte qu'elles forment une sorte de triangle à sommet antérieur, triangle nommé *glotte* (γλῶττα, *glotta*, langue), par une assez bizarre inversion des expressions.

Lorsque les cordes vocales, qu'on ferait mieux d'appeler les *lèvres laryngées*, se tendent, l'ouverture,

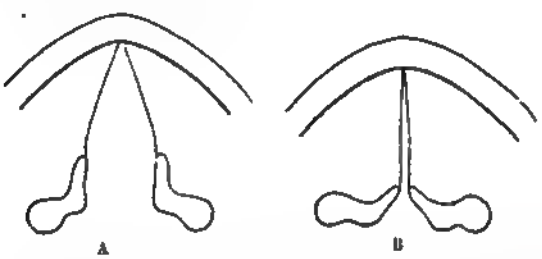


Fig. 185. — Figures schématiques montrant : A, la glotte ouverte par l'écartement des cordes vocales ; B, la glotte fermée par leur rapprochement.

le triangle glottique, se rétrécit, par le rapprochement des deux rubans contractiles et le pivotement sur place des cartilages aryténoïdes. Ainsi l'ouverture d'écoulement de l'air est rétrécie par la contraction des muscles thyro-aryténoïdiens (fig. 185), en même temps que sont augmentées l'épaisseur et la rigidité

des cordes vibrantes, et qu'est diminuée leur longueur : toutes conditions qui concourent à élever la hauteur du son produit.

Mais bien d'autres muscles entrent en action qui

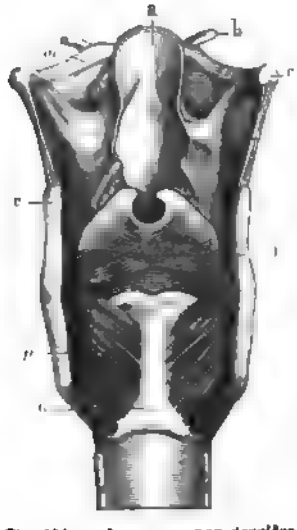


Fig. 184. — Larynx vu par derrière : *a*, épiglotte; *m,b,c*, os hyoïde; *c*, cartilage thyroïde; *n*, cartilage cricoïde; *l*, muscle inter-aryténoïdien; *p*, muscle crico-aryténoïdien postérieur.

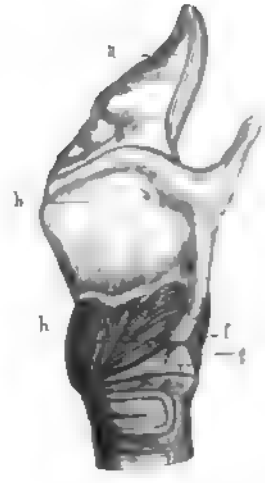


Fig. 185. — Larynx vu par côté *a*, épiglotte; *b*, cartilage thyroïde; *g,f*, muscle crico-aryténoïdien postérieur; *h*, muscle crico-thyroïdien.

modifient les conditions de production du son la-

Fig. 186. — Figure schématique montrant les divers muscles qui font mouvoir les cartilages aryténoïdes et font ainsi varier l'ouverture de la glotte.

ryngé (fig. 184, 185 et 186); les divers cartilages

constituant l'appareil sont susceptibles de recevoir des mouvements très variés, dont le résultat est d'agir et sur les cordes vocales et sur les diverses dimensions du larynx. Leur étude détaillée serait ici beaucoup trop longue, malgré tout l'intérêt qu'elle présente.

Il n'y a pas que les muscles propres du larynx qui entrent en jeu dans l'acte de la phonation : l'appareil tout entier s'élève ou s'abaisse, se raccourcit ou s'allonge, sous l'action de muscles extérieurs qui prennent leur insertion fixe sur des parties voisines. Ces mouvements de totalité sont très faciles à constater sur soi-même.

Tous ces changements font varier la hauteur, l'intensité et aussi le timbre des sons produits.

Laryngoscopie.

Mais les modifications les plus importantes sont celles dont la glotte elle-même est le lieu. Jusqu'à ces derniers temps, on n'avait sur elles que des renseignements fort peu précis et très contradictoires; car l'exploration directe de ces parties profondément situées est fort difficile. Mais l'invention récente du *laryngoscope* a permis de résoudre presque complètement la plupart des questions sur lesquelles on discutait inutilement.

Cet instrument très simple consiste essentiellement

Fig. 187. — Miroir du laryngoscope.

en un petit miroir que l'on porte, au fond de l'arrière-gorge (fig. 187), dans une position telle que l'image

du larynx s'y puisse refléter et être vue d'un observateur placé juste en face du patient (fig. 188).

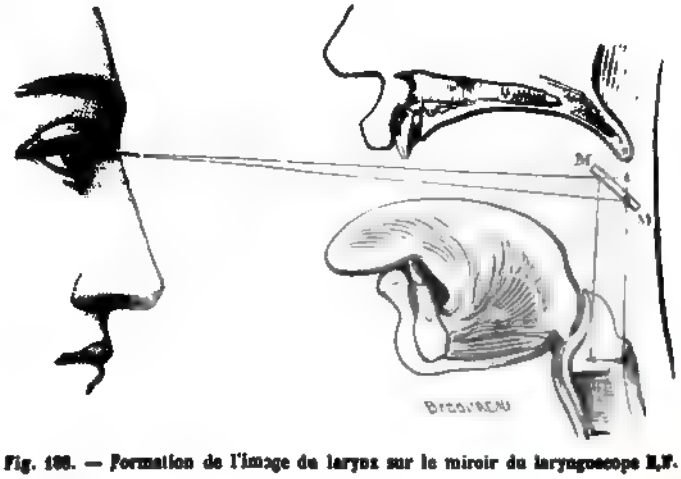


Fig. 188. — Formation de l'image du larynx sur le miroir du laryngoscope R,F.

Fig. 189. — Emploi du laryngoscope.

Pour éclairer le larynx, l'opérateur place devant

son œil un miroir percé d'un trou, sur lequel se réfléchit la lumière d'une lampe placée à côté de lui ; cette lumière va ensuite du miroir frontal au miroir laryngé et de là au larynx qu'elle illumine (fig. 189) ; on regarde par le trou du miroir frontal l'image réfléchie dans le miroir laryngé.

On aperçoit dans ces conditions des images (fig. 190) qui sont en rapport avec tous les actes du larynx, ceux de la respiration comme ceux de la phonation, car la présence du petit miroir dans l'arrière-gorge n'empêche nullement d'émettre des sons laryngés.

Fig. 190. — Images du larynx dans le miroir du laryngoscope : A, inspiration profonde; B, voix de poitrine, sons graves ; C, voix de poitrine, sons aigus.

La laryngoscopie n'a pas seulement rendu de grands services à la physiologie du larynx ; sa pathologie y a beaucoup gagné. On peut constater, grâce à cet instrument, les congestions si fréquentes de cet organe délicat, les granulations qui trop souvent en

Fig. 191. — Images de larynx portant : A une petite tumeur arrondie; B, une tumeur à papilles.

ouvrent la muqueuse, les ulcérations, les petites tumeurs qui y produisent des désordres plus ou

moins graves (fig. 191). Bien plus, on peut arriver, avec une suffisante dextérité de main, à porter sur le point malade des médicaments appropriés, et même à introduire des instruments qui permettent d'enlever soit de petites tumeurs, soit des corps étrangers (fig. 192).

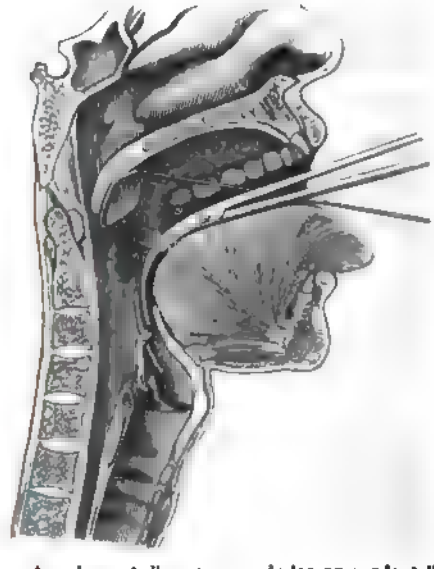


Fig. 192. — Arrachement d'une tumeur du larynx pendant l'examen laryngoscopique.

Les larynx des mammifères ne diffèrent de celui de l'homme que par des détails peu importants. Nous aurons occasion d'en parler dans une autre série de leçons.

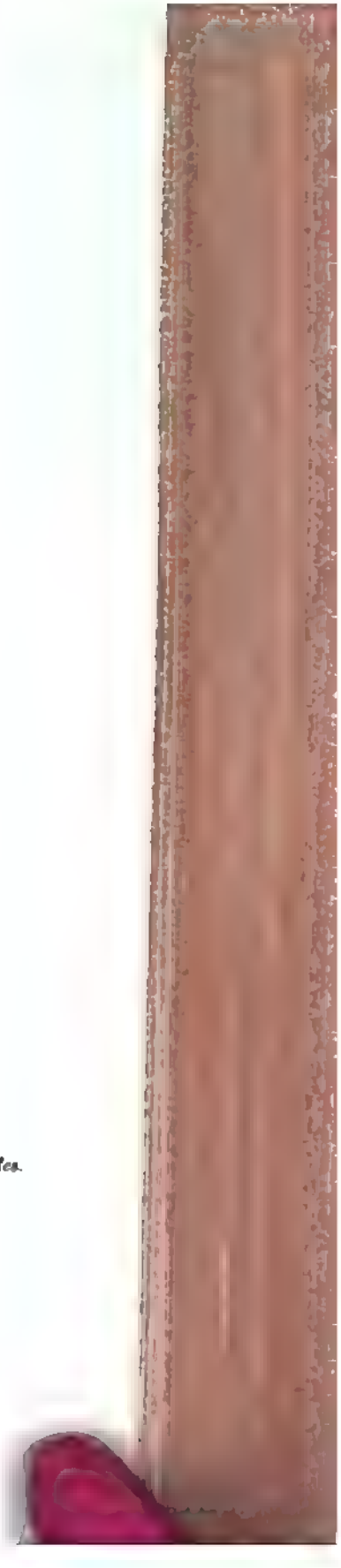
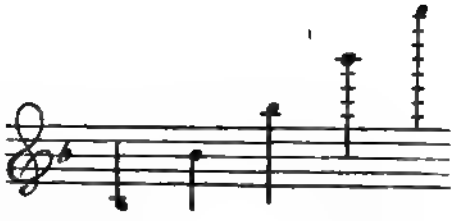
La parole. Mais la production du son par les cordes vocales n'est que le fait initial dans la *voix* des animaux et de l'homme, et dans la *parole* spéciale à ce dernier. Le son engendré dans le larynx est modifié dans les régions supérieures de la bouche et des fosses nasales, et articulé par les mouvements de la langue, des joues et des lèvres.

Il est de notoriété universelle qu'un même son, ou plutôt qu'une même note laryngée, de hauteur et d'intensité constantes, impressionne très différemment l'oreille, suivant qu'il est émis la bouche ouverte ou fermée, ou suivant que les diverses parties de l'appareil buccal et pharyngien sont disposées de telle ou telle façon. Vous avez toutes lu la charmante — et si exacte — leçon du maître de philosophie dans le *Bourgeois gentilhomme* : « La voix U se forme en rapprochant les dents sans les joindre entièrement et allongeant les deux lèvres en dehors, les approchant aussi l'une de l'autre, sans les joindre tout à fait : U. »

On connaît aujourd'hui la raison physique de ces différences dans la valeur ou, pour mieux dire, dans le *timbre* d'un même son, suivant l'adaptation buccale. Le timbre, on le sait, est produit par la superposition au son principal émis de sons secondaires dont les variations forment les variations du timbre : or, les cavités buccales et nasales sont capables de renforcer certains sons, à la manière des caisses de résonnance du piano, du violon, etc. A chaque forme particulière de ces cavités correspond un certain son. Lors donc qu'elles ont pris une disposition telle, par exemple, que la note qu'elles renforcent donne la caractéristique de la voyelle *i*, on obtiendra toujours *i*, quel que soit le son émis par le larynx.

Les voyelles.

On a pu déterminer ces notes caractéristiques des diverses voyelles. Il est très curieux de constater qu'elles se disposent à des intervalles d'une octave.



Voyelles.	OU	O	A	É	I
Sons fixes correspondants. .	sib_2	sib_3	sib_4	sib_5	sib_6
Nombres de vibrations simples	470	940	1880	3760	7520
Rapport du nombre de ces vibrations.	1	2	4	8	16

C'est sans doute à la simplicité de ces rapports qu'est dû ce fait remarquable que ces cinq voyelles existent dans toutes les langues humaines; mais il en existe d'autres, propres à chaque langue.

Le fait que je viens de vous signaler explique facilement comment il se fait que ces voyelles *ou* et *o* se prononcent surtout dans les notes basses de la gamme, les voyelles *e* et *i* dans les notes hautes; et aussi comment un chanteur qui émet des notes très hautes ne peut plus le faire que sur les deux voyelles à note caractéristique très élevée.

On s'est assuré du fait dont je viens de vous entretenir en analysant à l'aide d'appareils particuliers le son émis par la voix humaine sur différentes voyelles. Mais après avoir fait cette analyse on a pu procéder par synthèse, et reconstituer la voyelle par le renforcement de sa note caractéristique.

Prenons huit diapasons dont le plus gros donne le sib_2 et les autres ses sept premières harmoniques, à savoir :

$$sib_2,\ fa_3,\ sib_3,\ ré_4,\ fa_4,\ la_4,\ sib_4$$

et faisons vibrer les trois premières ensemble. Si nous donnons le maximum de force au si^{b}_{1}, l'ensemble prononcera très nettement la voyelle *ou;* il donnera l'*o*, si la prédominance appartient au si^{b}_{2}. Pour obtenir l'*a* il faut, aux trois premières vibrant faiblement, ajouter énergiquement le si^{b}_{4}; pour l'*é*, on donnera le maximum d'énergie aux notes supérieures et surtout au si^{b}_{5}.

A ces caractéristiques fondamentales s'ajoutent d'autres harmoniques dues à des dispositions particulières de la bouche, et qui font qu'on reconnait le timbre de la voix de chacun. Enfin des modifications secondaires produisent la voix *nasonnée*, la voix *sombrée*, la voix *blanche*, etc. Quant à la différence du *registre*, c'est-à-dire de la voix de *poitrine* et de la voix de *fausset*, elle paraît due à ce que, dans la première, les cordes vocales vibrent dans toute leur épaisseur, tandis qu'il n'y a que la partie la plus voisine de l'orifice glottique, le bord libre, qui est mise en mouvement dans la voix de fausset.

Les consonnes

Les *consonnes* ont été analysées avec autant de soin que les voyelles. On a distingué quatre R produits par la vibration: 1° des lèvres (comme dans *opprobre*); 2° du bout de la langue (*r* normal); 3° du voile du palais (*r* du grasseyement); 4° de l'orifice supérieur du larynx (*ain* des Arabes, *jota* des Espagnols). Dans les consonnes *p* et *b*, la clôture des lèvres est complète et, l'air ne pouvant s'échapper que d'un coup, elles sont dites *explosives*. Dans le *f* et le *v*, il se fait un écoulement constant d'air par les lèvres; dans l'*m*, l'écoulement se fait par le nez : ce sont des consonnes *prolongées*. Le *b* et le *v* ne diffèrent du *p* et de l'*f* que parce que lorsqu'on les émet le larynx

vibre : aussi ces consonnes se remplacent souvent l'une par l'autre dans le langage.

Mais il y a là, au point de vue des voyelles et des consonnes, si l'on considère les accents et les langues des diverses nationalités, des faits d'une infinie variété. Les rapports avec la structure anatomique des régions buccales, nasales, pharyngées, laryngées, n'ont pas encore été étudiés; ils montreront très vraisemblablement qu'une race n'est pas libre de choisir sa langue, et que le rêve d'une langue universelle est une pure chimère.

SIXIÈME LEÇON

Le Sang et sa Circulation.

Je vous ai déjà dit, en termes généraux, comment circule et doit circuler le sang pour emporter sans cesse dans les profondeurs du corps les matériaux liquides ou gazeux introduits à la suite des actes digestifs et respiratoires. Mais nous devons maintenant chercher à nous rendre compte, avec quelques détails, de la manière dont se fait cette circulation, et étudier, en même temps que la composition du sang lui-même, les canaux ou *vaisseaux* dans lesquels il est contenu, et l'organe d'impulsion ou *cœur* qui le met en mouvement.

LE SANG.

Il n'est aucune de vous, Mesdemoiselles, qui ignore que le sang des animaux mammifères est un liquide d'une belle couleur rouge. C'est même là un caractère général chez tous les vertébrés, et qui leur avait valu l'antique dénomination d'*animaux à sang rouge*, par opposition à la plupart des animaux invertébrés, qui ont le sang blanc ou bleuâtre.

Les globules sanguins.

Vous serez donc étonnées d'apprendre qu'en réalité le liquide sanguin n'est pas rouge, mais bien jaunâtre, et que sa couleur rouge est due uniquement

à une quantité immense de petits corps qu'il contient en suspension et qui possèdent eux-mêmes cette couleur à un degré très intense. Ces corps sont ce qu'on appelle les *globules* ou *corpuscules sanguins*.

Ils ont, chez les mammifères, une forme singulière, qui rappelle tout à fait celle des pièces du jeu de dames; ils sont en effet circulaires, aplatis et moins épais au milieu que sur leur pourtour (fig. 195). Dans

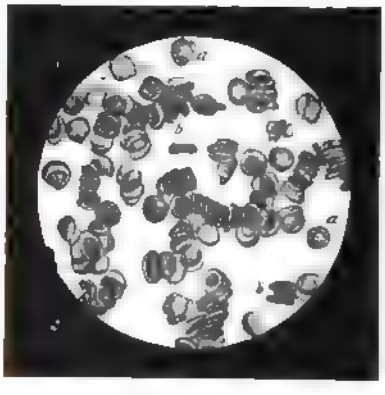


Fig. 195. — Globules du sang très grossis : *a*, vus de face; *b*, vus sur la tranche

un petit nombre de mammifères, chez les chameaux et les lamas seulement, leur contour a la forme d'un ovale et non d'un cercle. Leurs dimensions varient: chez l'homme, leur diamètre est d'environ $0^{mm},007$ sur une épaisseur de $0^{mm},002$. Le mammifère qui possède les plus petits globules est le chevrotain porte-musc ($0^{mm},002$). Celui qui a les plus gros est l'éléphant ($0^{mm},009$). Il n'y a aucun rapport entre leurs dimensions et la taille des animaux qui les possèdent; le rhinocéros et la souris ont des globules de $0^{mm},006$. C'est là, du reste, un fait général pour tous les éléments anatomiques; les fibres muscu-

laires, pas plus que les globules sanguins, n'ont un plus grand diamètre chez les animaux de grandes dimensions.

Le nombre de ces petits corps est extraordinairement considérable (fig. 194). On a supputé qu'il y en a environ cinq millions par millimètre cube dans le

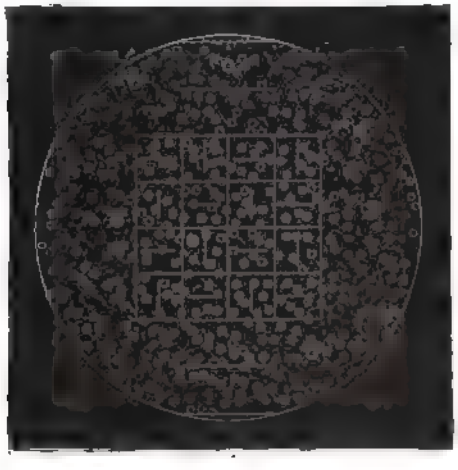


Fig. 194. — Numération des globules du sang. Goutte de sang vue au microscope. Le côté du carré représente un cinquième de millimètre.

sang humain. Or, comme les estimations moyennes portent de 5 à 6 litres environ la quantité de sang qui existe dans le corps d'un homme pesant 60 kilogrammes, vous voyez qu'il posséderait 25 trillions de globules sanguins. Si, pour nous faire une idée de ce nombre, nous supposons que tous ces corpuscules, mesurant 7 millièmes de millimètre, soient placés en ligne les uns à côté des autres, nous aurions une chaîne de

$$0^{mm},007 \times 25\,000\,000\,000\,000 = 175\,000 \text{ kilomètres},$$

c'est-à-dire que cette chaîne pourrait faire presque cinq fois le tour de la terre.

En comparant maintenant le poids de ces globules au poids du sang, nous trouvons que, chez l'homme, 1000 grammes de sang contiennent environ 140 grammes de globules. Chez la femme, la proportion est moindre et s'abaisse à 120 environ, dans l'état normal.

Mais il est une maladie plus fréquente chez la femme que chez l'homme, et surtout dans le jeune âge, qui a pour effet d'abaisser notablement le nombre des globules. Leur poids total peut alors tomber à 100, 80, 60 pour 1000 et même moins. C'est l'*anémie* (α, *a*, négatif; αἷμα, *héma*, sang), un des phénomènes de cette chlorose (χλωρός, *chlora*, vert-jaune) qu'on observe si fréquemment chez les jeunes filles, et qui entraîne si souvent à sa suite des troubles variés, et parfois des accidents graves.

C'est là une maladie si commune dans ses manifestations légères, que vous savez toutes comment on la traite, et comment, par bonheur, on la guérit le plus souvent. C'est en prenant du fer, sous des formes variées : limaille de fer, eau rouillée, pilules, dragées aux sels de fer, etc.

Or, il est remarquable que les globules sanguins, précisément, contiennent du fer. La matière qui les colore en rouge est une matière ferrugineuse. On l'appelle *hémato-cristalline*, parce qu'on peut assez aisément la faire cristalliser; ses cristaux, pour le dire en passant, diffèrent de forme d'une es-

Fig. 135. — Cristaux d'*hémato-cristalline* provenant : 1, de l'homme ; 2, du cochon d'Inde ; 3, de l'écureuil.

pèce animale à une autre (fig. 195). Ainsi la chlorosè a pour symptôme une perte de fer : on la guérit par l'emploi du fer.

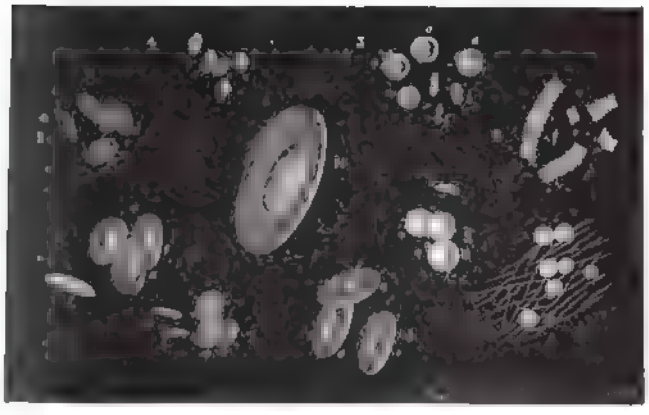


Fig 196. — Globules du sang de plusieurs vertébrés (très grossis).

1. Globules du sang de l'homme emprisonnés par la fibrine dans du sang coagulé. — 2. Globules de l'homme assemblés en rouleaux. — 3. Globules du sang de l'homme, disques circulaires biconcaves. Diamètre de 0mm,0069 à 0mm,0046 ; poids 0mgr,00008 ; surface 0mm,000128. — 4. Globules du chameau, disques elliptiques. Diamètre 0mm,0028. — 5. Globules du pigeon, elliptiques, biconvexes. Diamètre, environ 0mm,0165. — 6. Grenouille, elliptiques. D. 0mm,0226 — 7. Cobitis, arrondis. D. 0mm,014. — 8. Salamandre d'eau. D. environ 0mm,04143. — 9. Ammocœtes, disques arrondis, biconcaves. D. 0mm,0115 environ. — 10. Protée. D. 0mm,125982. — a. Globules de face. — b. Globules de côté.

Mais il serait puéril de croire que ce fer qu'on introduit ainsi dans le tube digestif est employé directement à reconstituer les globules sanguins qui manquent. En effet, le sang d'un homme sain contient, en tout, de 1 à 2 grammes de fer, et les aliments à eux seuls en contiennent presque autant en un jour. Pour arriver à guérir la chlorose, il en faut bien davantage. Mais, sans insister sur ce point encore obscur, il importe de signaler ce rapport curieux entre la maladie et son puissant remède.

Les globules rouges n'ont pas chez tous les verté-

brés la même forme, la même stucture ni les mêmes dimensions, tant s'en faut. Nous indiquerons ces différences en temps utile (fig. 196).

A côté des globules rouges se trouvent des globules blancs, en nombre beaucoup moindre, dans la proportion de 1 à 500 environ; leurs dimensions sont extrêmement irrégulières. Dans certaines maladies ils augmentent en proportion jusqu'à égaler le nombre des globules rouges qui, du reste, a beaucoup dimi-

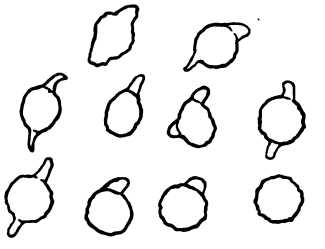


Fig. 197. – Un globule blanc du sang, changeant de forme sous le microscope (figure schématique).

nué. Ces globules blancs sont absolument identiques à ceux qui se forment dans les inflammations, dans les abcès, et qui constituent ce qu'on appelle le *pus*. Chose curieuse, ces éléments sont doués de la propriété de changer de forme, de s'étendre, de pousser des prolongements (fig. 197), etc., et, comme ils se conduisent alors comme certains animalcules microscopiques nommés *amibes* (fig. 198), on dit qu'ils présentent des mouvements *amiboïdes*. Ils peuvent même ainsi traverser les membranes, et par exemple, sortir des vaisseaux sanguins. On ne sait pas encore bien sûrement ni s'ils servent à former les globules rouges, ni combien de temps ils vivent, ni dans quelles parties du corps ils se détruisent.

Quoi qu'il en soit, nous savons que le sang dans les vaisseaux est composé de deux parties : un liquide

La coagulation du sang.

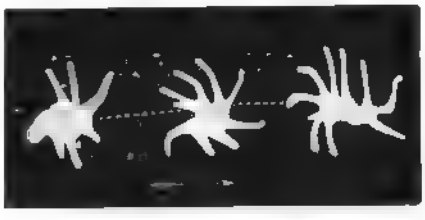


Fig. 198. — Changements de forme d'une *Amibe* glissant sur une plaque de verre dans la direction de la flèche.

nommé *plasma* (πλάσμα, *plasma*, ouvrage façonné), parceque le sang est le grand fabricateur de toutes choses dans l'organisme), et des globules rouges et blancs en suspension. Mais quand, par une saignée, on l'extrait du corps et qu'on le reçoit dans un vase, on voit se produire un phénomène curieux : après quelques minutes, il se transforme en une masse solide, un *caillot* rouge, contenant tous les globules; quelques heures plus tard, ce caillot se contracte et nage au-dessus d'un liquide jaunâtre (fig. 199). C'est là le phénomène de la *coagulation* du sang.

Fig. 199. — Caillot sanguin dans une éprouvette.

Si, au lieu de recevoir tranquillement le sang dans un vase, nous l'avions, au fur et à mesure de sa sortie des vaisseaux, vigoureusement battu à l'aide d'un petit balai, il serait resté indéfiniment à l'état

liquide (fig. 200). Seulement, en examinant notre petit balai, nous aurions vu ses rameaux chargés d'une substance visqueuse, attachée en filaments. On peut laver

Fig. 200. — Défibrination du sang à l'aide d'un balai.

ces filaments dans l'eau, et on recueille ainsi une matière blanchâtre, assez élastique, à laquelle on a donné le nom de *fibrine*. C'est cette fibrine qui, dissoute d'abord dans le sang, passe à l'état solide lorsque celui-ci sort des vaisseaux, et qui forme ainsi la trame du caillot dans lequel se trouvent emprisonnés les globules sanguins. Et cependant la quantité de cette fibrine est bien peu considérable, puisqu'elle ne s'élève qu'à 3 ou 4 grammes pour 1000 grammes de sang.

Maintes circonstances, dans le détail desquelles je ne puis entrer, modifient la rapidité de cette coagulation sanguine. Le froid, par exemple, la ralentit. Il en est de même des sels alcalins, et notamment du sulfate de soude. En ajoutant au sang une certaine quantité de ce sel, la coagulation est assez lente pour qu'on puisse filtrer le sang; tous les globules restent

alors sur le filtre, et il ne passe qu'un liquide blanc jaunâtre, qui se prend ensuite en une masse semblable à de la gelée, à cause de la fibrine qui y est restée dissoute.

Je vous disais tout à l'heure qu'après la coagulation le caillot flotte sur un liquide, qui va en augmentant, à cause de la contraction du caillot, lequel se resserre pendant plusieurs heures, et exprime son contenu comme une éponge qui se contracterait elle-même. Ce liquide, très semblable à la sérosité des vésicatoires, aux liquides épanchés dans les articulations, dans la plèvre ou le péritoine malades, est nommé *sérum*. Si nous en mettons quelques gouttes dans une capsule, et si nous le chauffons, il se prend en une masse solide, absolument comme du blanc d'œuf cuit. Ceci nous indique qu'il contient, comme le blanc d'œuf, une forte proportion d'*albumine*.

En examinant les choses de plus près, nous en arriverons à déterminer la composition exacte du sang, comme l'indique le tableau suivant donnant l'analyse du sang d'un homme. Pour mille parties (en poids) il y avait :

Eau	779
Globules secs (contenant du fer).	140
Albumine sèche	70
Fibrine sèche	2
Graisses	3
Sels divers	6

Les gaz du sang.

Le sang contient en outre des gaz ; on les voit se dégager en bulles nombreuses, lorsqu'on place ce liquide sous la cloche de la machine pneumatique (fig. 201). Ces gaz sont l'oxygène, l'acide carbonique et l'azote. Chose remarquable, tout l'oxygène est combiné avec

la matière rouge, l'hémato-cristalline des globules sanguins. Au contraire, c'est dans le liquide qu'est surtout contenu l'acide carbonique, uni aux sels de soude. L'azote y est simplement dissous.

Fig. 201. — Sang placé dans le vide de la machine pneumatique pour l'extraction des gaz : α, avant l'extraction ; β, après. R, cloche placée sur le plateau de la machine pneumatique ; A, éprouvette contenant le sang S, d'où se dégage le gaz V ; B, tube où l'on recueillera ce gaz.

On peut extraire l'oxygène en agitant le sang avec de l'oxyde de carbone (CO). Ce gaz a la propriété de déplacer l'oxygène des globules, sans changer la couleur du sang ; ceci fait, l'oxygène ne peut plus revenir se combiner avec l'hémato-cristalline. C'est ce qui explique les accidents si facilement mortels de l'empoisonnement par le charbon, et leur persistance lorsqu'ils n'ont pas occasionné tout de suite la mort.

Mais, si l'on veut se procurer tous les gaz du sang, il faut faire bouillir ce liquide dans le vide barométrique. On se sert pour cela d'un appareil nommé

pompe à mercure, et qui n'est autre chose qu'un baromètre dont la chambre A est très grande, et la cuvette B mobile dans le sens vertical (fig. 202).

Fig. 202.— Machine à extraction des gaz du sang : A, chambre barométrique; B, cuvette du baromètre pouvant monter ou descendre à l'aide d'engrenages, C, tube où seront recueillis les gaz; D, ballon où l'on introduit le sang et où il est soumis à l'ébullition; R, robinet à trois voies, pouvant faire communiquer alternativement C et A, A et D, ou fermer toute communication. Ces trois positions du robinet sont indiquées sur le côté de la figure en 1 (fermeture complète), 2 (communication de A avec C), 3 communication de A avec D).

Sang rouge et sang noir.

Le sang n'a pas partout et toujours la même couleur. Celui que l'on retire d'une saignée, par exemple, est d'un pourpre sombre; mais bientôt, au contact de l'air, il rougit, et cela d'autant plus vite qu'on l'aura plus agité, de manière à le mêler avec l'oxygène de l'air. Dans le corps même, il existe du sang de deux couleurs : du sang *veineux*, sombre, *noir*, comme on dit; du sang *artériel*, *rouge*. Cette différence de cou-

leur tient simplement à ce que le sang rouge contient plus d'oxygène que le sang noir. Lorsqu'un animal périt par asphyxie, tout l'oxygène finit par disparaître de son sang, qui devient beaucoup plus noir que le sang veineux.

L'animal périt parce que ce sang ainsi désoxygéné est incapable d'entretenir la vie et l'activité des éléments anatomiques. Cette propriété maîtresse est l'apanage exclusif du sang oxygéné, du sang rouge.

Lorsque, par une ligature portée sur les vaisseaux sanguins, on empêche le sang d'arriver dans une partie du corps, celle-ci est bientôt paralysée (fig. 203). Au bout de quelque temps, la contractilité mus-

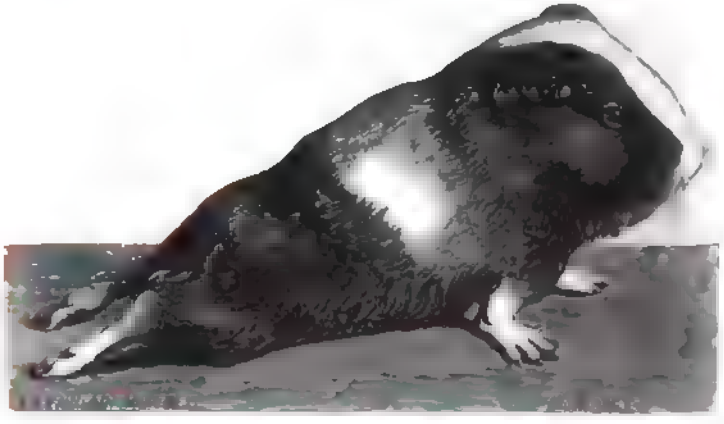


Fig. 203. — Cochon d'Inde paralysé des membres postérieurs quelques minutes après la ligature de l'artère aorte au milieu du corps.

culaire elle-même disparaît. Mais, si on lève la ligature, on voit reparaître dans les parties paralysées la sensibilité et le mouvement. Enfin, si l'arrêt du sang dure trop longtemps, les éléments anatomiques finissent par périr ; il se fait ce qu'on appelle de la *gangrène*.

qui peut se représenter sous deux formes, *sèche* ou *humide* (fig. 204 et 205).

Fig. 204. — Gangrène humide à la suite de bandage trop comprimé.

Si, dans un membre séparé du corps, ou dans un membre d'un cadavre, alors que la contractilité musculaire disparue a fait place à cette raideur particulière qui dure plusieurs heures, et que les physiologistes appellent la *rigidité cadavérique*, on injecte par l'artère du sang rouge très oxygéné, au bout de quelque temps on voit, lorsqu'on les excite, les muscles se contracter. Sur une tête de chien coupée, le même effet se produit : l'œil cligne quand on le touche, et l'on prétend même avoir ainsi obtenu des signes d'intelligence.

Fig. 205. — Destruction lente du pied par gangrène sèche.

Transfusion du sang.

Lorsqu'un homme a perdu, par quelque *hémorrhagie* (αἷμα, *hæma*, sang ; ῥηγνύω, *rhegnuo*, rompre), une telle quantité de sang que sa vie est en danger, on peut le sauver presque à coup sûr en lui injectant dans une veine un volume de sang humain même inférieur à celui qui lui a été enlevé (fig. 206, 207). C'est là la pratique de

la *transfusion* du sang, qui a repris dans la chirurgie moderne la place que lui avaient fait perdre au XVII^e^

Fig. 206. — Transfusion directe du sang de l'homme à l'homme (appareils actuels). 1, l'opérateur; 2, l'aide; 3, le sujet qui fournit le sang; 4, le malade qui le reçoit.

siècle les arrêts du parlement de Paris et les anathèmes de la cour de Rome. Cette transfusion se fait tantôt

Fig. 207. — Transfusion directe du sang de l'homme à l'homme (gravure du XVII^e^ siècle).

directement de bras à bras, à l'aide d'appareils compliqués, tantôt avec du sang défibriné, recueilli simplement dans une seringue. Les inventeurs de la

transfusion avaient été jusqu'à employer le sang d'animal (fig. 208), pratique insensée, qu'on a vu avec stupéfaction reprendre récemment par quelques

Fig. 208. — Transfusion directe du sang de l'animal à l'homme (gravure du XVII^e^ siècle).

chirurgiens allemands, au grand dommage de leurs malades.

La respiration, vous le devinez, a pour objet et pour effet de transformer le sang noir en sang rouge. Le rapport de ces deux espèces de sang avec les organes va ressortir clairement de ce que nous allons dire maintenant de la circulation sanguine elle-même.

LA CIRCULATION DU SANG.

Le mot *circulation* implique l'idée d'un cercle. Cependant vous aurez une idée plus exacte du parcours du sang chez les mammifères en vous le représentant sous la forme d'un *huit* dont les deux cercles seraient inégaux (fig. 209). En leur point de rencontre, au centre du 8, se trouve l'organe impulseur, le *cœur*.

Le cœur. Le cœur est un organe creux, de nature musculaire, qui, se contractant énergiquement à des intervalles réguliers, chasse ainsi le sang qu'il contient et, cessant alors de se contracter, est distendu à nouveau par le sang qui y afflue de toutes parts. Alternativement il recommence ainsi ses diverses phases, à raison de 60 à 80 fois par minute chez l'homme.

Fig. 209. — Appareil de la circulation : figure schématique représentant le 8 avec ses deux anneaux passant l'un par le poumon P, l'autre par tout le corps C. Les flèches indiquent le cours du sang.

Dans sa contraction, il est capable de soulever une colonne de mercure mesurant 15 à 18 c. de hauteur, ce qui équivaut à environ une colonne d'eau de 2 m. à $2^{m},50$. C'est donc là la distance à laquelle le cœur peut projeter le sang, et cela vous donne une idée du jet effrayant qui s'élance lorsqu'un des vaisseaux qui partent du cœur et sont nommés *artères* se trouve accidentellement divisé. Il est curieux de voir que, chez tous les mammifères où l'on a mesuré cette puissance du cœur, depuis le lapin jusqu'au cheval, on l'a toujours trouvée sensiblement la même.

J'ai à peine besoin de vous rappeler la place du cœur; il est situé dans le thorax, entre les deux poumons, près du sternum (fig. 210); chez la plupart des mammifères, il occupe à peu près la ligne médiane; chez l'homme il est situé un peu à gauche, et présente à peu près la forme d'un triangle dont la base serait en haut, et la pointe obliquement dirigée en bas et à gauche.

Cet organe est enveloppé d'une membrane séreuse

qui se comporte vis-à-vis de lui comme la plèvre pour le poumon, et le péritoine pour les intestins : c'est le ***péricarde*** (*περι, péri*, autour).

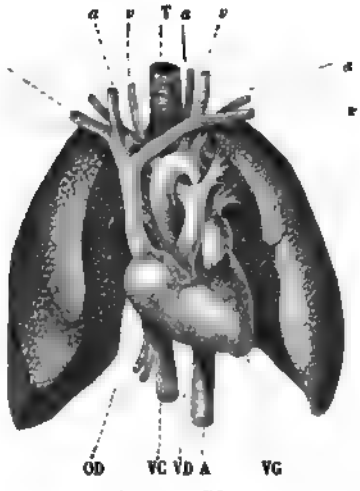


Fig. 210. — Cœur et poumon de l'homme : VG, ventricule gauche; VD, ventricule droit; OD, oreillette droite; A, artère aorte; VC, veine cave; *a*, artères; *v*, veines; T, trachée.

Chez tous les mammifères, le cœur est divisé en deux loges complètement séparées, et chacune de celles-ci est, à son tour, incomplètement divisée en deux cavités communiquant l'une avec l'autre. On pourrait dire, en considérant la position de l'organe, qu'il y a un *cœur droit* et un *cœur gauche* (fig. 211), chacun biloculaire ; on dirait même encore, en considérant le sang qu'on y trouve, qu'il y a un cœur à sang noir, c'est le cœur droit, et un cœur à sang rouge, c'est le cœur gauche.

Le sang noir, disons-le tout de suite, c'est le sang qui revient de toutes les parties du corps ; il est dépouillé d'une grande partie de son oxygène, ce qui l'a fait foncer en couleur ; il est chargé d'acide carbonique, et, comme nous venons de le voir, incapable d'entre-

tenir la vie des tissus. Le sang rouge, au contraire, est riche en oxygène, contient notablement moins d'acide carbonique, et est essentiellement apte à entretenir la vie des tissus musculaire, nerveux, etc. En moyenne, chez le chien, le sang artériel contient, pour 100 volumes de sang, 20 volumes d'oxygène et 40 volumes d'acide carbonique; le sang veineux du cœur droit contient 12 volumes d'oxygène et 50 volumes d'acide carbonique. Or, nous l'avons dit, la transformation du sang noir en sang rouge se fait dans le poumon. Ces indications doivent vous faire, pour ainsi dire, deviner la manière dont le sang circule (fig. 212).

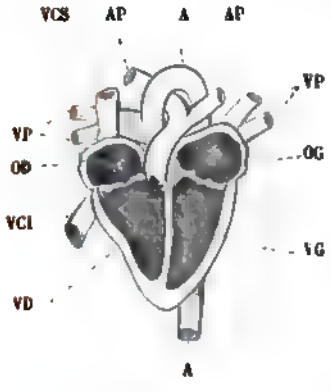


Fig. 211. — Coupe du cœur (figure schématique) : VG, ventricule gauche; VD, ventricule droit, OG, oreillette gauche, OD, oreillette droite; A, aorte; AP, artère pulmonaire; VCI, veine cave inférieure; VCS, veine cave supérieure; VP, veines pulmonaires.

Chacun des deux cœurs est composé d'une *oreillette* en haut, d'un *ventricule* en bas. Le sang noir qui revient de toutes les parties du corps débouche dans l'oreillette du cœur droit. Cette cavité, en se contractant, pousse le sang dans la cavité inférieure ou ventricule.

La contraction de l'oreillette est faible, car ses parois sont minces; le ventricule est beaucoup plus épais; ses contractions lancent le sang dans un gros vaisseau qui, sous le nom d'*artère pulmonaire* (fig. 211), l'emporte dans les poumons, où l'artère, unique d'abord, se bifurque pour aller à chaque poumon. De là le sang, qui est devenu rouge, revient au

cœur gauche; il arrive, là aussi, dans l'oreillette d'abord, puis dans le ventricule.

Ce ventricule gauche est encore plus épais et plus puissant que le ventricule droit. Cela est en rapport avec son rôle, car il doit envoyer le sang rouge jusqu'aux extrémités du corps, tandis que le ventricule droit n'a affaire qu'aux poumons, organes voisins de lui. Du ventricule gauche, comme du droit, il ne part qu'un vaisseau : c'est l'*aorte*, tube qui, chez l'homme, est assez gros pour admettre un doigt dans sa cavité, et qui, après s'être contourné en crosse, descend dans le thorax, puis dans l'abdomen, le long de la colonne vertébrale. Sur tout son parcours, il envoie des branches nombreuses qui se distribuent aux diverses parties du corps, et se termine en se bifurquant pour correspondre aux deux membres postérieurs (fig. 213).

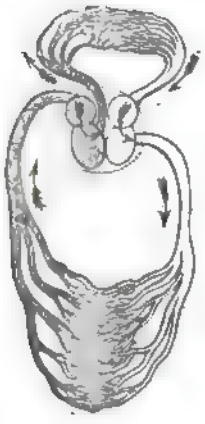


Fig. 212. — Figure théorique de la circulation.

Les artères.

Je ne puis songer à entrer dans le détail descriptif des vaisseaux qui se détachent ainsi de l'aorte pour se rendre aux organes. Ils portent le plus souvent des noms qui sont en rapport avec leur distribution; c'est ainsi qu'on dit : les artères *humérale*, *fémorale*, *intercostales*, *bronchiques*, *hépatique*, *splénique*, etc., parce qu'elles sont voisines de l'humérus, du fémur, des côtes, ou parce qu'elles se ramifient sur les bronches, dans le foie, dans la rate [1]. Je citerai seule-

[1] La rate se dit en anglais *spleen*. Ce nom a été donné ensuite à une maladie qu'on supposait en rapport avec une altération de la rate, absolu-

nent les *carotides*, grosses artères dont on sent très

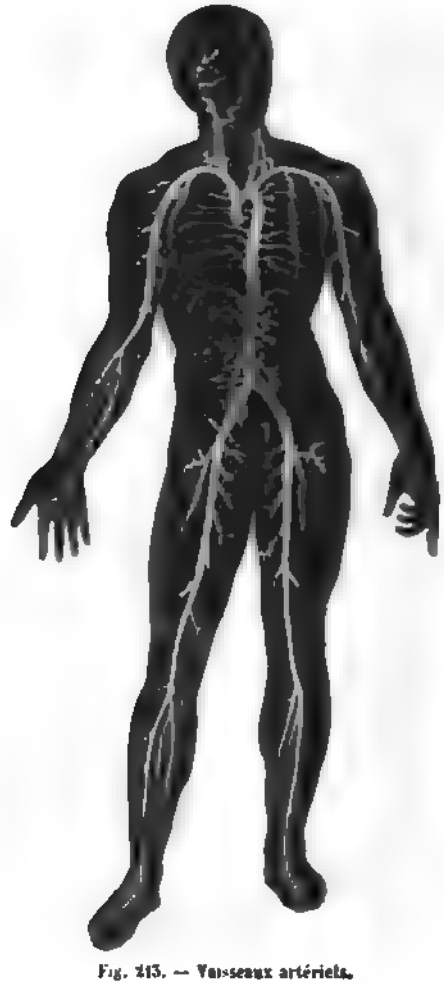


Fig. 213. — Vaisseaux artériels.

bien les battements en appuyant le doigt à côté de la

ment comme on a nommé *hypochondriaques* les gens *mélancoliques* (de μέλας, *melas*, noir; χολή, *cholè*, bile : bile noire), et *atrabilaires* (*atra*, noire ; *bilis*, bile : bile noire) ceux que tourmentent des maux imaginaires, parce qu'on supposait placée dans le foie, lequel est situé dans la région de l'hypochondre droit (ὑπό, *hypo*, au-dessous ; χόνδρος, *chondros*, cartilage au-dessous des cartilages costaux), la raison de ces souffrances chimériques.

trachée artère, et qui portent le sang à la tête et au cerveau.

J'ai appelé tous ces vaisseaux *artères* : c'est, en effet, le nom qu'on donne à tous les vaisseaux qui emportent du sang venant du cœur, qu'il soit noir ou rouge, qu'il provienne du ventricule droit (*système de l'artère pulmonaire*) ou du ventricule gauche (*système de l'artère aorte*). Ces artères possèdent des parois solides; quand on les coupe, leur orifice reste béant; si l'opération est faite sur un animal vivant, il s'élance un jet de sang à une distance énorme, et la mort peut rapidement s'ensuivre. Chez l'animal mort, on ne trouve rien dans les artères : aussi les anciens croyaient-ils qu'elles étaient, pendant la vie, pleines d'air, et il est curieux de voir quels efforts d'imagination ils faisaient pour relier cette opinion erronée avec ce qu'ils connaissaient de l'entrée de l'air dans les poumons, et ce que leur avait appris sur le sang artériel la pratique de la chirurgie. C'est au physiologiste anglais Harvey que revient l'honneur d'avoir démontré (son livre est de 1629), et cela par voie expérimentale, la réalité des faits. Ses contemporains protestèrent énergiquement contre les doctrines des « circulateurs », comme disait Thomas Diafoirus.

Ces parois solides des artères sont très élastiques; elles possèdent de plus des fibres musculaires lisses, d'autant plus nombreuses que l'artère est plus petite, et disposées circulairement, de sorte que leur contraction rétrécit la lumière du vaisseau. Enfin, en dehors, se trouve une membrane d'enveloppe et de protection. Tout cela constitue trois couches ou *tuniques* (fig. 214) : la plus extérieure est composée de fibres-cellules lâchement entrelacées ; la moyenne,

de fibres musculaires lisses (fig. 216), avec plus ou moins de lamelles élastiques; l'interne, de fibres élastiques entre-croisées en réseaux, d'où son nom de tu-

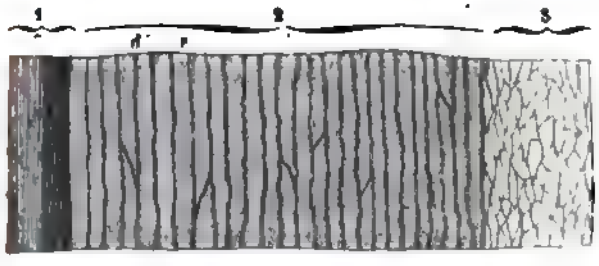


Fig. 214. — Section transversale de l'aorte (grossiss., 30) : 1, tunique interne; 2, tunique moyenne avec fibres musculaires *e* et lames élastiques *d*; 3, tunique externe.

nique fenêtrée (fig. 215); à l'intérieur se trouve un épithélium extrêmement délicat (fig. 217). Il arrive trop

Fig. 215. — Réseau élastique de l'artère pulmonaire (grossiss., 350).

Fig. 216. — Fibres musculaires des artères (grossiss., 350).

Fig. 217. — Cellules épithéliales des vaisseaux (grossiss., 350).

souvent que, à la suite de maladies ou plus souvent de blessures de l'artère, la paroi élastique et musculaire s'amincit ou même se rompt; le sang, n'étant plus maintenu en ce point, repousse la tunique mem-

braneuse extérieure, et forme ainsi une sorte de poche qui va sans cesse en grossissant (fig. 218). C'est là un *anévrysme* (du grec *ἀνεύρυσμα*, *anevrysma*,

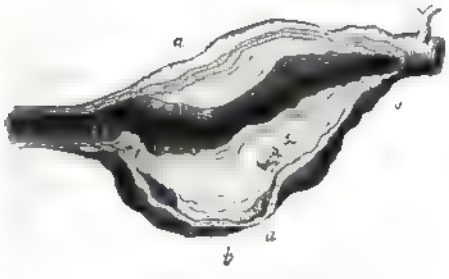


Fig. 218. — Section longitudinale d'un anévrysme de la fémorale dans lequel un caillot fibrineux est déposé tout autour de la cavité interne du sac : *aa*, épaisseur du caillot ; *bb*, canal central du caillot.

dilatation), maladie grave, parce qu'après un temps plus ou moins long la tunique membraneuse cède

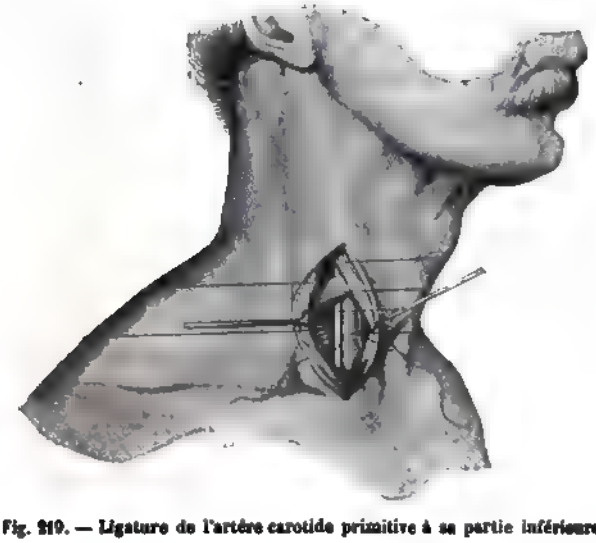


Fig. 219. — Ligature de l'artère carotide primitive à sa partie inférieure.

à son tour, et il survient une hémorrhagie qui peut soudain tuer le malade. Quand l'anévrysme est placé sur une artère facile à atteindre, on peut sauver le

malade en mettant à nu le vaisseau et en y arrêtant le cours du sang par une ligature (fig. 219). Mais si, comme cela est bien fréquent, la maladie siège sur une artère profondément située, sur l'aorte, par exemple, la terminaison mortelle ne saurait être conjurée, et des soins hygiéniques peuvent seuls retarder quelque peu la fatale échéance, qui arrive alors brusquement.

Je viens de vous dire que, dans certaines circonstances, on lie le vaisseau artériel, l'artère humérale, par exemple. Mais, devez-vous penser, que va devenir le membre supérieur? Le sang ne peut plus y parvenir, la mort par la *gangrène* va l'atteindre, et le malheureux patient est tombé, ce semble, d'un péril prochain dans un autre plus immédiat encore. Fort heureusement, ces craintes ne sont pas fondées.

En effet, lorsque, sur un animal vivant, on a lié une maîtresse artère, si l'on vient immédiatement après à couper cette artère au delà de la ligature, le bout périphérique donne du sang, en faible quantité d'abord, il est vrai. Mais, si l'on n'avait fait la section que quelques jours après la ligature, on aurait eu un jet de sang énergique. Ainsi la ligature d'une artère n'arrête pas complètement la circulation dans les parties où se rend cette artère. La clef de ce mystère est très simple. Les diverses branches qui partent d'une artère communiquent les unes avec les autres par des rameaux (fig. 220) plus ou moins gros; ils *s'anastomosent* (c'est le terme consacré) de telle sorte que, si la maîtresse artère est oblitérée en un point, il s'établit par des rameaux une circulation *collatérale*, comme on dit, qui suffit à entretenir la vie. Supposez un barrage interrompant le cours de l'eau dans une rivière, et de petits fossés qui fassent communiquer les deux

parties de la rivière au-dessus et au-dessous du barrage, et vous aurez quelque chose d'analogue. Seulement, si vos fossés ne suffisent pas à la circulation de l'eau, celle-ci passera par-dessus, tandis que les vaisseaux collatéraux, petits d'abord, vont s'élargissant sous les efforts du sang, et finissent par laisser passer celui-ci en même quantité qu'auparavant.

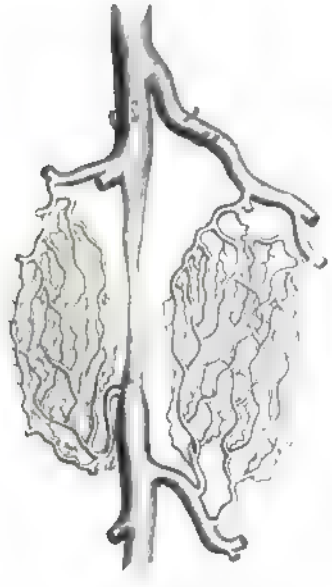


Fig. 220. — Artère fémorale liée depuis trois mois, avec le système artériel anastomotique.

Les capillaires.

Les artères deviennent de plus en plus petites et de plus en plus nombreuses au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cœur; d'artères, elles deviennent *artérioles*. Enfin elles finissent par donner naissance à un lacis extraordinairement serré de petits vaisseaux, si étroits qu'on leur a donné le nom de capillaires (*capillus*, cheveu), par comparaison avec les cheveux : comparaison bien au-dessous de la vérité, car il en est qui ne peuvent laisser passer qu'un globule sanguin à la fois, et n'ont par conséquent guère plus de un demi-centième de millimètre de diamètre. Les capillaires se trouvent partout, dans la profondeur des organes comme à la surface de la peau ; et la preuve en est qu'il n'est pas un point du corps où l'on puisse piquer une aiguille sans amener une goutte de sang.

La forme des capillaires, leur manière d'être, varient étonnamment d'un organe à un autre; je mets sous vos yeux un certain nombre de figures qui vous

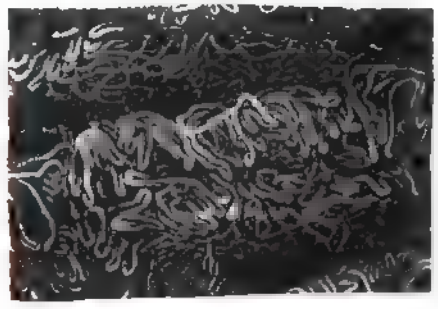


Fig. 221. — Capillaires de la peau.

donneront une idée de cette variété, et en même temps de la prodigieuse richesse de la *vascularisation capillaire* (fig. 221, 222, 223, 224).

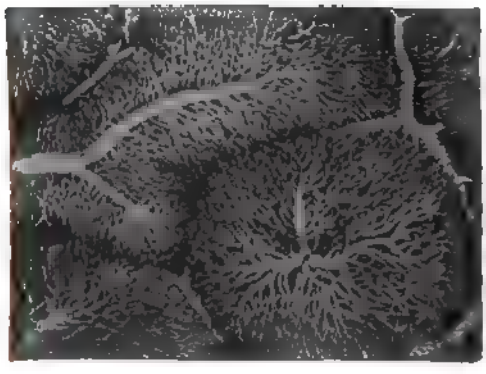


Fig. 222. — Capillaires du foie (grossis., 45).

Quelquefois les capillaires sont dilatés et prennent des aspects irréguliers et bizarres. C'est ce qui arrive, par exemple, dans ces *taches sanguines* (fig. 225) si connues à la peau, et trop souvent à la peau du visage. Rien de plus facile, pour le dire en passant, que de

les faire disparaître sur l'enfant nouveau-né, lors-

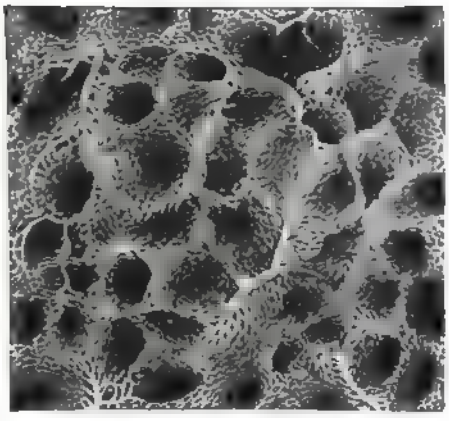


Fig. 223. — Capillaires du poumon (grossis., 80).

qu'elles ne sont pas très étendues : il suffit d'inocu-

Fig. 224. — Capillaires de l'œil (grossis. de 10 diamètres.)

Fig. 225. — Dilatations des capillaires dans une tache vasculaire de la peau : *a*, partie très enflée, *b*, globules sanguins.

ler le vaccin sur elles ; il se fait consécutivement une cicatrice qui les détruit.

Les veines.

Les parois des artérioles, qui étaient encore assez épaisses et, comme nous le savons, munies de fibres musculaires, se sont soudain amincies pour former les délicates membranes des capillaires (fig. 226), qui

Fig. 226. — Structure d'une artériole et d'un capillaire (grossies., 300).

ne sont plus composées que d'une paroi extrêmement fine de cellules épithéliales aplaties. Elles reprennent presque leur épaisseur primitive quand des capillaires naissent les *veines*. Celles-ci, très petites et très nombreuses d'abord, grandissent et se simplifient en se réunissant, de façon à former des troncs de plus en plus gros, qui finalement débouchent dans l'oreillette du cœur droit par deux gros vaisseaux, la *veine cave supérieure*, qui ramène le sang de la tête, du cou et des bras, et la *veine cave inférieure*, par où

revient le sang du thorax, de l'abdomen et des membres inférieurs (fig. 211).

Il existe de même dans le poumon des capillaires, en communication avec l'artère pulmonaire, et desquels naissent des veines, et en définitive deux *veines pulmonaires* qui arrivent à l'oreillette gauche (fig. 211).

Les parois des veines sont beaucoup moins épaisses que celles des artères, bien qu'elles présentent trois tuniques de structure analogue; leur calibre est généralement plus considérable. Parmi ces vaisseaux, les uns accompagnent les artères dans les régions profondes où elles sont protégées; d'autres sont superficielles, et on les voit se dessiner en bleu à travers la peau (fig. 227).

Fig. 227. — Région du pli du coude avec les veines sur lesquelles se pratique la saignée ordinaire.

Il arrive assez souvent, surtout aux membres inférieurs, que ces veines sous-cutanées se dilatent, parfois d'une manière excessive; ces dilatations sont dangereuses par les ruptures que peut produire le moindre choc, les hémorrhagies et les plaies de mauvaise nature qui en sont la conséquence. C'est ce qu'on appelle les *varices* (fig. 228), qu'on protège à l'aide de bas élastiques, ou qu'on guérit en les cautérisant.

Ensemble de la circulation.

Nous pouvons maintenant nous faire une idée de l'ensemble de la circulation (V. fig. 212 et 237). Considérons, par exemple, un globule sanguin arrivant par une des veines caves à l'oreillette droite du cœur,

et suivons sa marche. L'oreillette le lance dans le ventricule droit ; celui-ci se contracte à son tour, et le pousse dans l'artère pulmonaire. Il en suit une branche, puis un rameau, traverse les capillaires du poumon, entre dans une petite veine, puis dans une plus grosse, et arrive enfin dans l'oreillette gauche par l'une des veines pulmonaires. Il a ainsi décrit une des branches du 8 et accompli ce qu'on appelle la *petite circulation*.

Fig. 228. — Varices superficielles *a* et profondes *b*.

Mais il n'est pas au bout, tant s'en faut ! L'oreillette gauche l'envoie au ventricule gauche ; de là, il s'élance dans l'aorte, la suit plus ou moins longtemps, en sort, par exemple, par l'artère iliaque et l'artère fémorale, descend le long de la jambe et peut aller jusqu'au bout du pied, en parcourant des artères de plus en plus étroites. Il traverse alors le réseau des capillaires, remonte par des veines de plus en plus grosses, et revient en définitive à son point de départ, à l'oreillette droite, par la veine cave inférieure. C'est la seconde branche du 8, la *grande circulation*.

Le poète Barbier a exprimé ce trajet par des vers que je crois pouvoir vous citer :

Lorsque le sang, chassé par de puissants ressorts,
Du cœur de l'homme a jailli comme l'onde,
Il va roulant sa pourpre vagabonde
Par les mille canaux qui sillonnent le corps ;
De toutes parts il anime, il féconde,
Donne aux pieds la vigueur et la splendeur aux yeux,
Et du cerveau, caché sous une voûte ronde,
Fait sortir la pensée en éclairs radieux ;
Puis, lorsqu'il sent mourir sa chaleur souveraine
Et qu'il rentre aux poumons, noir, sans force et malsain,
L'air, le grand air, de sa vivante haleine,
Comme le vieil Eson, le rajeunit soudain.
Et, tout renouvelé par l'élément divin,
Riche de sève et fort de nourriture,
Voilà qu'il redescend dans l'édifice humain,
Avec une substance et plus rouge et plus pure.

Vitesse et pression du sang.

Tout ce trajet se fait avec une rapidité prodigieuse. Le sang court dans les grosses artères avec une vitesse d'environ 30 centimètres par seconde. Mais dans les veines elle n'est plus guère que du tiers. Ainsi, c'est en une demi-minute environ qu'il parcourt chez un homme le chemin que nous venons de décrire.

Je vous ai dit, il y a un instant, la force avec laquelle le sang est lancé par le cœur, ce qui détermine cette vitesse. Ceci mérite quelques explications.

Si l'on coupe une artère chez un chien en expérience, et qu'on introduise dans son extrémité la plus voisine du cœur un tube de verre recourbé communiquant avec un réservoir dans lequel se trouve du mercure, un *manomètre* (fig. 229), comme disent les physiciens, on voit que la colonne de mercure opposée au sang est repoussée par celui-ci, et soutenue

un tube de caoutchouc communiquera cette compression à un petit levier qui frotte sur un cylindre tournant ; de là une ligne ondulée qui indique les détails de l'impulsion sanguine. Si l'on a placé simultanément un appareil analogue à l'avant-bras (fig. 231), on obtient deux lignes, dont la comparaison montre que la poussée du sang de l'artère radiale correspond au choc du cœur, bien qu'avec un léger retard dû à la propagation de l'onde sanguine ; cela prouve que le choc est bien le résultat de la contraction du cœur.

Dans les petites artères, la pression constante du sang est moindre, moindre aussi le choc du cœur. Dans les capillaires et surtout dans les veines, les frottements ont presque tout absorbé : la pression ne peut plus soutenir que quelques millimètres de mercure, et, si l'on pique le vaisseau, le sang en sort d'un mouvement lent et régulier, en *bavant*, suivant l'expression des chirurgiens.

La faiblesse de cette pression dans les petits vaisseaux et dans les veines fait qu'on peut aisément arrêter la circulation dans un doigt, par exemple, par une compression légère, comme celle d'un anneau ou d'un doigtier de caoutchouc. La peau devient toute blanche, sans qu'on ait rien senti. En sens inverse, si l'on place sur la peau un vase de verre dont les bords soient bien appliqués, et qu'on y diminue la pression, soit en aspirant l'air avec une petite pompe, soit en y brûlant du papier avant de le placer, afin d'y faire un vide partiel, la circulation veineuse de retour est empêchée, et le sang s'accumule sous le verre. C'est ce qu'on appelle une ventouse.

lement les modifications de volume de l'artère radiale, mais les battements du cœur eux-mêmes. Il

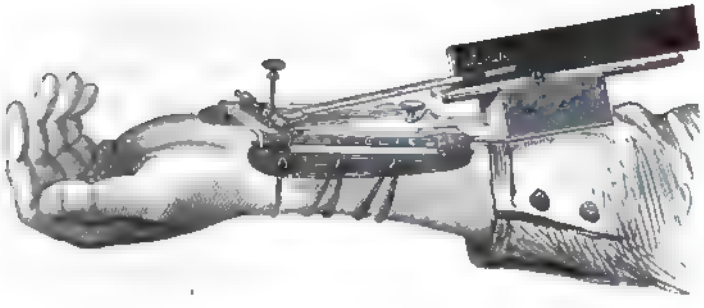


Fig. 230. — Sphygmographe appliqué sur l'artère radiale et enregistrant le pouls.

suffit pour cela d'appliquer sur la région du cœur, au point où l'on en ressent aisément le choc, une sorte de boîte dont un côté, celui qui touche la poitrine, est une membrane de caoutchouc. Il est clair

Fig. 231. — Cardiographe appliqué sur le cœur, et sphygmographe sur l'artère radiale. Tracés simultanés.

que chaque impulsion du cœur poussera cette membrane et comprimera légèrement l'air de la boîte;

leurs bords se juxtaposent exactement, ferment tout passage au sang, et cela précisément avec d'autant plus d'énergie que le cœur pousse plus fort.

Le sang lancé dans les artères aorte et pulmonaire tendrait de même, au moment où les ventricules se relâchent, à refluer dans l'intérieur, repoussé qu'il est par l'élasticité des artères. Mais à l'entrée du cœur se trouvent d'autres valvules semblables à de petits nids de pigeons, dites valvules ***sigmoïdes*** (σίγμα, lettre de l'alphabet, σ), qui retombent sous cette pression et ferment le passage.

L'intégrité de ces diverses valvules est nécessaire pour que le cœur fonctionne convenablement. Mais malheureusement elle est souvent compromise, surtout dans un âge un peu avancé. Il se fait sur les valvules des dépôts qui les empêchent de bien joindre, et les reflux sanguins viennent troubler la circulation. De là les oppressions, les palpitations, la couleur violacée de la face, et consécutivement l'enflure des pieds, des mains, du corps, ou, comme disent les médecins, l'*œdème* (οἴδημα, *œdema*, gonflement).

Fig. 233. — Veine ouverte montrant les valvules.

Il existe dans les veines des valvules (fig. 233) qui, bien qu'étant incomplètes, favorisent cependant la circulation de retour, sur laquelle le cœur n'agit plus avec beaucoup de force ; dans les membres inférieurs, où le sang veineux doit, pour remonter, lutter contre la pesanteur, ces valvules rendent de signalés services.

Une cause d'accélération du cours du sang veineux est la respiration. Lorsque, en effet, la poitrine

se dilate, elle attire dans sa cavité agrandie à la fois l'air qui vient par la trachée-artère, et le sang que ramènent les gros vaisseaux veineux. Lors de l'expiration, elle aide à lancer le sang dans les artères, et occasionne dans les veines un certain reflux, qui se fait sentir jusqu'à la première valvule ; vous avez très souvent remarqué ce reflux, j'en suis sûr, dans les grosses veines du cou, surtout lorsque, comme il arrive après la danse, les mouvements respiratoires sont exceptionnellement violents.

Système de la veine porte.

Nous n'en avons pas fini avec la circulation du sang. Aux deux systèmes de la petite et de la grande circulation, que je viens de vous décrire rapidement, il faut en ajouter un troisième, dont la distribution est des plus singulières.

Les artères de l'intestin, après s'être terminées en capillaires, donnent naissance à des veines qui se réunissent pour former un tronc appelé *veine porte* (fig. 234). Mais celle-ci ne se rend pas, comme toutes les autres veines, au cœur : elle va au foie, s'y divise et subdivise en veinules et capillaires, d'où le sang rejoint ensuite la veine cave inférieure. Le *système porte*, comme on l'appelle, pourrait donc être comparé à un arbre creux, dont les racines seraient sur l'intestin, et les derniers ramuscules dans l'épaisseur du foie.

La rate et le corps thyroïde.

Accolé à l'estomac, et sur le trajet des vaisseaux sanguins qui viennent de ce viscère pour rejoindre le tronc de la veine cave, se trouve un organe très singulier, sorte d'éponge pleine de sang, de la structure duquel je vous ai déjà dit quelques mots (V. p. 145). C'est la *rate*, dont nous ne savons guère qu'une seule chose, c'est qu'on peut s'en passer, son

leurs bords se juxtaposent exactement, ferment tout passage au sang, et cela précisément avec d'autant plus d'énergie que le cœur pousse plus fort.

Le sang lancé dans les artères aorte et pulmonaire tendrait de même, au moment où les ventricules se relâchent, à refluer dans l'intérieur, repoussé qu'il est par l'élasticité des artères. Mais à l'entrée du cœur se trouvent d'autres valvules semblables à de petits nids de pigeons, dites valvules ***sigmoïdes*** (σίγμα, lettre de l'alphabet, σ), qui retombent sous cette pression et ferment le passage.

L'intégrité de ces diverses valvules est nécessaire pour que le cœur fonctionne convenablement. Mais malheureusement elle est souvent compromise, surtout dans un âge un peu avancé. Il se fait sur les valvules des dépôts qui les empêchent de bien joindre, et les reflux sanguins viennent troubler la circulation. De là les oppressions, les palpitations, la couleur violacée de la face, et consécutivement l'enflure des pieds, des mains, du corps, ou, comme disent les médecins, l'*œdème* (οἴδημα, *œdema*, gonflement).

Fig. 233. — Veine ouverte montrant les valvules.

Il existe dans les veines des valvules (fig. 233) qui, bien qu'étant incomplètes, favorisent cependant la circulation de retour, sur laquelle le cœur n'agit plus avec beaucoup de force; dans les membres inférieurs, où le sang veineux doit, pour remonter, lutter contre la pesanteur, ces valvules rendent de signalés services.

Une cause d'accélération du cours du sang veineux est la respiration. Lorsque, en effet, la poitrine

se dilate, elle attire dans sa cavité agrandie à la fois l'air qui vient par la trachée-artère, et le sang que ramènent les gros vaisseaux veineux. Lors de l'expiration, elle aide à lancer le sang dans les artères, et occasionne dans les veines un certain reflux, qui se fait sentir jusqu'à la première valvule ; vous avez très souvent remarqué ce reflux, j'en suis sûr, dans les grosses veines du cou, surtout lorsque, comme il arrive après la danse, les mouvements respiratoires sont exceptionnellement violents.

Système de la veine porte.

Nous n'en avons pas fini avec la circulation du sang. Aux deux systèmes de la petite et de la grande circulation, que je viens de vous décrire rapidement, il faut en ajouter un troisième, dont la distribution est des plus singulières.

Les artères de l'intestin, après s'être terminées en capillaires, donnent naissance à des veines qui se réunissent pour former un tronc appelé *veine porte* (fig. 234). Mais celle-ci ne se rend pas, comme toutes les autres veines, au cœur : elle va au foie, s'y divise et subdivise en veinules et capillaires, d'où le sang rejoint ensuite la veine cave inférieure. Le *système porte*, comme on l'appelle, pourrait donc être comparé à un arbre creux, dont les racines seraient sur l'intestin, et les derniers ramuscules dans l'épaisseur du foie.

La rate et le corps thyroïde.

Accolé à l'estomac, et sur le trajet des vaisseaux sanguins qui viennent de ce viscère pour rejoindre le tronc de la veine cave, se trouve un organe très singulier, sorte d'éponge pleine de sang, de la structure duquel je vous ai déjà dit quelques mots (V. p. 145). C'est la *rate*, dont nous ne savons guère qu'une seule chose, c'est qu'on peut s'en passer, son

ablation n'étant presque jamais suivie d'accidents chez les animaux, — ni chez l'homme, comme de hardis chirurgiens ont pu s'en assurer. Il paraît à peu

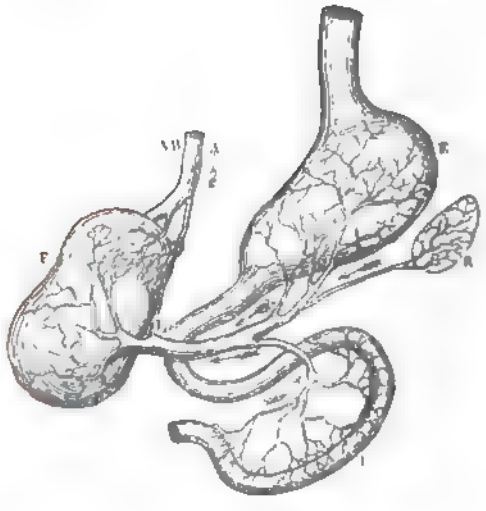


Fig. 234. — E, Estomac; I, Intestin; F, Foie; R, Rate; VP, Veine porte; VH, Veine sus-hépatique.

près certain que les globules rouges du sang s'y détruisent habituellement en proportion assez forte.

La rate grossit lorsque la circulation veineuse est gênée, comme il arrive après une course rapide, d'où parfois le *point de côté* de gauche, — et la réputation imaginaire des *dératés*. Dans certaines maladies, et surtout dans les fièvres intermittentes, elle prend de grandes dimensions. Les préjugés populaires font jouer un grand rôle à cet organe énigmatique; mais, tandis que les uns y voient le siège de la joie et parlent de « se dilater la rate », d'autres y logent la tristesse, et *spleen* est son nom anglais.

Il existe un autre organe dont le rôle est tout aussi problématique que celui de la rate (fig. 235), et qui a

de commun avec elle d'être facilement gonflé par le

Fig. 235. — Face antérieure du cou montrant sur le larynx le *corps thyroïde*, et au-dessous, pénétrant dans la poitrine, le *thymus*.

Fig. 236. — Goître.

sang : c'est le *corps thyroïde*, situé sur les côtés du larynx. Chez certains individus, cet organe prend

des proportions excessives, qui constituent ce qu'on

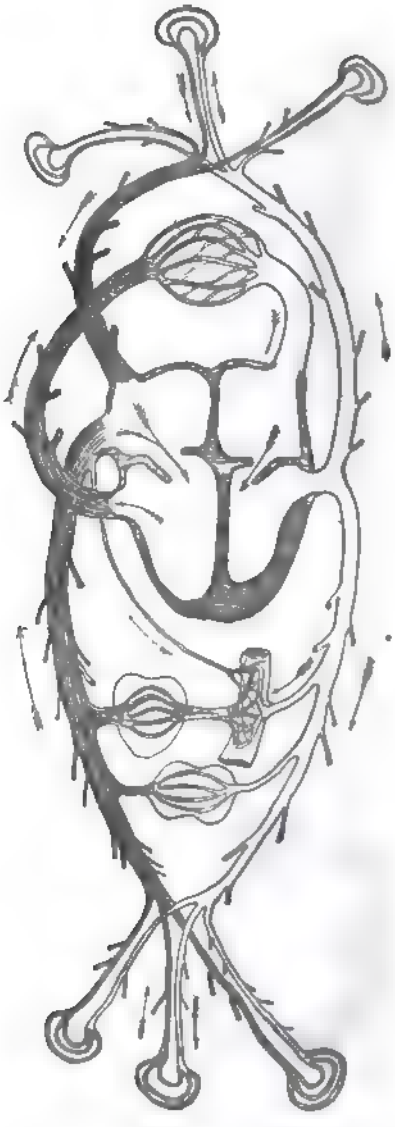


Fig. 237. — Appareil de la circulation. Figure schématique complète, comprenant la grande et la petite circulation, la circulation de la veine porte, les chylifères.

appelle un *goître* (fig. 236). Cette difformité est très

fréquente dans certains pays de montagnes, notamment dans le Valais, particulièrement lorsque les prescriptions de l'hygiène ne sont pas suivies; elle coïncide souvent avec le *crétinisme*, sorte d'idiotie compliquée de rachitisme. On l'a attribuée à la qualité des eaux, sans avoir jamais pu en déterminer nettement la cause.

Les vaisseaux lymphatiques.

Telle est, dans ses traits généraux, l'histoire de la circulation sanguine. Mais le sang n'est pas le seul liquide qui circule dans notre organisme, dans l'organisme des Mammifères. D'autres vaisseaux, nommés *lymphatiques*, charrient un liquide incolore qui finit par arriver au sang, et dont je dois vous dire quelques mots.

Ces vaisseaux, qui débutent, dans la profondeur de tous les organes, par des extrémités très fines, et dont l'origine n'est pas encore bien connue, vont en grossissant à la manière des veines au fur et à mesure qu'ils se rapprochent du cœur; ils forment notamment à la surface de la peau un inextricable lacis (fig. 238 et 239). Leurs troncs sont munis de valvules, comme les veines. Ils finissent par aboutir dans le système veineux, au voisinage du cœur, ceux de gauche par un gros tronc nommé *canal thoracique*, ceux de droite par d'autres troncs moins considérables auxquels on n'a pas donné de noms spéciaux. Le liquide qu'ils y déversent, la *lymphe*, est incolore et contient en suspension un certain nombre de globules blancs, tout à fait semblables à ceux du sang, qui en proviennent sans aucun doute.

Sur la route des vaisseaux lymphatiques se trouvent de petits organes, dit *ganglions lymphatiques*, où ces vaisseaux s'enroulent d'une manière fort com-

leurs bords se juxtaposent exactement, ferment tout passage au sang, et cela précisément avec d'autant plus d'énergie que le cœur pousse plus fort.

Le sang lancé dans les artères aorte et pulmonaire tendrait de même, au moment où les ventricules se relâchent, à refluer dans l'intérieur, repoussé qu'il est par l'élasticité des artères. Mais à l'entrée du cœur se trouvent d'autres valvules semblables à de petits nids de pigeons, dites valvules *sigmoïdes* (σίγμα, lettre de l'alphabet, σ), qui retombent sous cette pression et ferment le passage.

L'intégrité de ces diverses valvules est nécessaire pour que le cœur fonctionne convenablement. Mais malheureusement elle est souvent compromise, surtout dans un âge un peu avancé. Il se fait sur les valvules des dépôts qui les empêchent de bien joindre, et les reflux sanguins viennent troubler la circulation. De là les oppressions, les palpitations, la couleur violacée de la face, et consécutivement l'enflure des pieds, des mains, du corps, ou, comme disent les médecins, l'*œdème* (οἴδημα, *œdema*, gonflement).

Fig. 233. — Veine ouverte montrant les valvules.

Il existe dans les veines des valvules (fig. 233) qui, bien qu'étant incomplètes, favorisent cependant la circulation de retour, sur laquelle le cœur n'agit plus avec beaucoup de force; dans les membres inférieurs, où le sang veineux doit, pour remonter contre la pesanteur, ces valvules rendent de signalés services.

Une cause d'accélération du cours du sang veineux est la respiration. Lorsque, en effet

Chez certaines personnes, les ganglions lymphatiques offrent normalement un volume exagéré; on dit d'elles qu'elles ont un *tempérament lymphatique*. C'est, il faut ne s'en pas effrayer, le cas de la plupart des enfants. A un degré excessif, lorsque les ganglions, surtout ceux du cou, deviennent le siège d'abcès, et que surviennent d'autres troubles généraux, des maladies de peau à forme spéciale, des affections osseuses, on dit qu'il y a maladie *scrofuleuse*.

Il n'y a pas de lymphatiques que dans la peau et les membres; il en naît également de l'intestin, qui traversent des ganglions nombreux, et en se réunissant forment les affluents les plus importants du

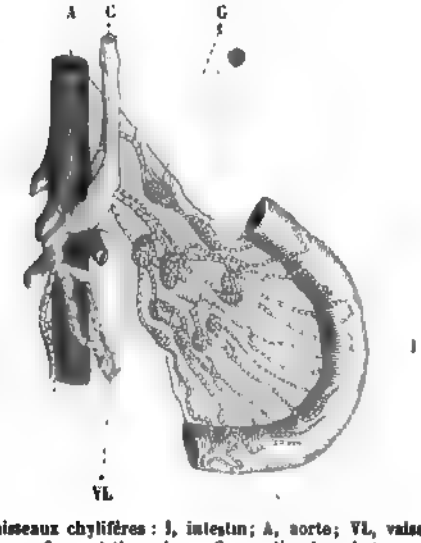


Fig. 240. — Vaisseaux chylifères : I, intestin; A, aorte; VL, vaisseaux lymphatiques; C, canal thoracique; G, ganglion lymphatique.

canal thoracique, lequel débouche dans la veine sous-clavière gauche.

Ces lymphatiques, qu'on nomme plus spéciale-

ment *vaisseaux chylifères* (fig. 240), jouent un rôle de premier ordre dans l'absorption digestive, et nous en parlerons avec quelques détails dans notre prochaine leçon.

SEPTIÈME LEÇON

L'Absorption. — Les Sécrétions et les Excrétions.

Nous avons étudié dans les précédentes leçons les voies d'accès par lesquelles l'air d'un côté, ou pour mieux dire l'oxygène, et de l'autre les aliments, pénètrent dans l'organisme. Pour l'air, ce sont les poumons ; pour les aliments, le tube intestinal, où l'action de divers sucs a pour effet de les modifier dans leur état physique et même dans leur constitution chimique.

Difficultés de l'absorption.

Mais, en y réfléchissant un peu, il semble que nous ne soyons guère plus avancés. En effet, le poumon, malgré la complexité de sa structure et l'innombrable quantité de ses ramifications, n'est, en définitive, qu'un sac, sur les parois duquel se réfléchit, en se modifiant et s'amincissant, l'enveloppe extérieure, la peau, avec son derme et son épiderme. Bien qu'introduit dans la poitrine, l'air n'en reste pas moins véritablement en dehors de nous, de notre organisme.

Il en faut dire autant des aliments. Le tube intestinal, ouvert à ses deux extrémités, est simplement un canal qui traverse le corps, et que garnit une muqueuse en continuité directe avec la peau. Peu

importent les variations de son diamètre, le renflement stomacal, les replis intestinaux; peu importent les glandes grosses et petites qui y versent leurs produits, l'aliment est en réalité tout aussi bien extérieur à l'organisme dans ce tube tortueux que dans la bouche ou dans la main.

Or, ce qu'il faut, c'est que l'oxygène, c'est que les aliments, pénètrent dans l'organisme, ou, pour parler plus précisément, dans le sang. L'obstacle à franchir, c'est la muqueuse pulmonaire ou intestinale. Comment sera-t-il traversé?

Examinons les choses de plus près. La muqueuse est un lacis inextricable de fibres entre-croisées, quelque chose de comparable à un tissu feutré. Elle est, comme tout l'organisme, imprégnée d'eau, ou, plus exactement, d'un liquide chargé d'albumine, qui a les plus grandes analogies avec le *plasma* du sang ou de la lymphe. Dans son épaisseur, près de sa surface extérieure, rampent les capillaires sanguins, aux parois extrêmement minces, et où circulent, par 2 ou 3 de front tout au plus, les corpuscules du sang. Mais cette surface est protégée à son tour par un revêtement continu de cellules épithéliales juxtaposées. Ces cellules sont très variables de formes, suivant les régions (fig. 241, 242), et nous en avons déjà parlé; mais toujours elles sont placées à côté les unes des autres, comme les pièces d'une mosaïque, sans aucun intervalle. Il a fallu renoncer à trouver rien qui ressemble à des trous, à des canaux traversant la membrane muqueuse; point de *pores absorbants*. Ce n'est pas faute de les avoir cherchés, que dis-je! de les avoir décrits, dessinés.

D'ailleurs, y eût-il de semblables pores, que la

question ne serait pas résolue pour cela, car il n'y en a certainement pas à travers les parois des vaisseaux sanguins, sans quoi le sang transsuderait en nature. De ce côté, en effet, mêmes difficultés ; sur la membrane-paroi du vaisseau, à sa face interne, autre revêtement épithélial, il faudrait presque dire un vernis épithélial, tant

Fig. 241. — Cellules épithéliales de l'intestin : A, cellules en place (grossiss., 300) ; B, cellules isolées ; C, cellules vues de face (grossiss., 350).

Fig. 242. — Papille intestinale montrant le revêtement continu de l'épiderme ; V, vaisseaux sanguins (grossiss., 250).

est extrême sa minceur, au moins dans les capillaires.

Ainsi, double obstacle, double membrane continue

et cependant l'absorption se fait, et se fait avec une étonnante rapidité, comme le prouve surtout l'absorption des poisons. Qu'on place sous le nez d'un animal un flacon d'acide prussique, presque instantanément il roule à terre frappé de mort. Qu'on injecte dans l'estomac une dissolution de strychnine, les convulsions caractéristiques apparaissent en quelques secondes. Or, aucune substance ne peut agir sur l'organisme qu'après avoir été absorbée, qu'après avoir pénétré dans le sang. L'absorption n'est pas moins nette, nous le savons tous, pour l'oxygène et pour les aliments.

Absorption des gaz.

Voyons l'oxygène d'abord. Dans le sang où il doit pénétrer se trouve, nous l'avons vu, unie aux globules, une substance rouge, l'hémato-cristalline, qui en est très avide, qui en absorbe de grandes quantités. Le sang veineux qui va au poumon contient peu d'oxygène ; il en résulte que l'hémato-cristalline non saturée s'empare de l'oxygène qui s'est dissous dans la membrane pulmonaire elle-même au contact de l'air ; celui-ci absorbé, il s'en dissout de nouveau, que prend encore l'hémato-cristalline des globules suivants. Et ainsi de suite, l'oxygène passant ainsi, par voie de dissolution, de l'air dans la membrane, et, par voie de combinaison chimique, de la membrane dans le globule sanguin.

Ce cheminement compliqué est facilité, quant à la rapidité de son exécution, d'un côté par l'étonnante minceur, la diaphanéité de la membrane pulmonaire réduite, au fond des culs-de-sac où se fait l'absorption, à un revêtement épithélial qui présente à peine l'épaisseur d'un globule sanguin (fig. 243), et d'un autre côté par la richesse du réseau des capillaires

sanguins (fig. 244), eux-mêmes extrêmement ténus. Mais cependant l'absorption n'est point parfaite, et

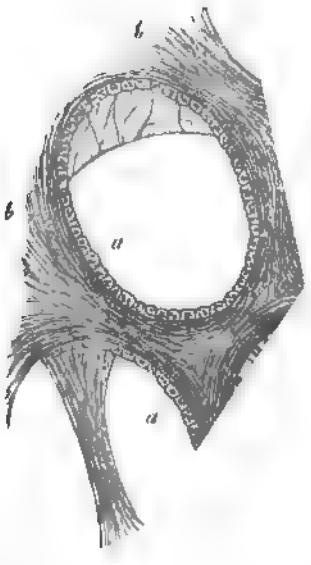


Fig. 243. — Une vésicule pulmonaire (grossiss., 330) : *a*, épithélium ; *b*, tissu élastique.

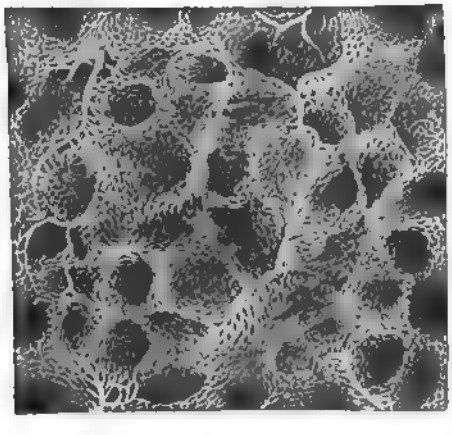


Fig. 244. — Réseau capillaire des vésicules pulmonaires (grossiss., 60).

le sang qui sort du poumon n'est jamais saturé de l'oxygène qu'il pourrait contenir.

Absorption des aliments.

Passons aux aliments. Ici, c'est encore le principe de la dissolution dans la membrane intermédiaire qui domine le phénomène; mais celui-ci est plus compliqué et demande, pour être bien compris, un certain effort d'attention.

On démontre en physique que, lorsque deux liquides différents, ou, pour nous rapprocher de notre cas particulier, deux dissolutions aqueuses de principes différents, sont séparées l'une de l'autre par une membrane qu'elles sont susceptibles de mouiller, une membrane sans trous, et même une gelée, il se fait entre elles un échange qui finit par les amener à un certain état d'équilibre, les matières contenues dans l'une passant dans l'autre, et réciproquement. Ce sont les faits qu'on a successivement étudiés sous les noms d'*osmose* et de *dialyse*.

Certaines substances traversent ainsi très aisément les membranes pour se rendre dans le liquide où elles font défaut : on les nomme *cristalloïdes*, parce que généralement elles sont capables de se cristalliser. D'autres sont au contraire très rebelles à ce passage : on les nomme *colloïdes*, parce que la gélatine, dont on fait la colle, en est le type. Or, les actes digestifs ont pour but de transformer les matières solides en matières liquides cristalloïdes, ou les matières liquides colloïdes en matières cristalloïdes. C'est ainsi, nous l'avons vu, que les fécules deviennent de la glycose, que l'albumine des œufs ou du sang, que la matière constituante de la chair animale, que le gluten du blé, etc., deviennent de l'albuminose ou peptone, substance du groupe des cristalloïdes.

Ainsi, après la digestion, tout ce qui est dans l'intestin, eau, alcool, sels dissous dans l'eau, sucres,

féculents devenus glycose, albuminoïdes devenus peptones, tout est cristalloïde, capable de mouiller la paroi, de s'y dissoudre, de pénétrer de là dans le sang. Et de celui-ci, rien ou presque rien ne peut sortir.

Son albumine, en effet, est éminemment de l'ordre des colloïdes, et quant aux autres principes, aux sels, ils existent dans les liquides de la digestion, au moins en proportion égale, et n'ont nulle tendance à s'en aller du sang.

Le bon sens montre et la physique démontre que le passage d'une substance à travers la membrane se fera d'autant plus vite que le liquide où elle se rend se renouvellera plus rapidement, car le phénomène sera toujours à son maximum d'activité. C'est ce qui a lieu ici, puisque le sang circule incessamment dans les capillaires de la muqueuse intestinale.

Il est clair de même que, moins épaisse sera la paroi, mieux s'opérera l'absorption : aussi, dans le lieu où plus spécialement se fait l'absorption intestinale, la distance entre la surface de l'intestin et la paroi interne du vaisseau sanguin est-elle très faible. Mais ceci mérite de nous arrêter quelques instants, parce que de nouveaux éléments vont entrer en ligne et compliquer la question : je veux parler des vaisseaux lymphatiques, et de l'absorption des matières grasses, que nous avons jusqu'ici systématiquement négligées.

L'absorption de la majeure partie des produits digestifs a lieu dans l'intestin grêle. Là, comme nous l'avons vu, la muqueuse fait de nombreux replis qui multiplient sa surface et, par suite, sa puissance absorbante. De plus, on y voit, semblables aux fila-

ments du velours, de petites saillies d'environ un demi-millimètre de longueur, dites *villosités*. Examinons de près une de ces villosités (fig. 245).

A sa surface, sous la couche de cellules épithéliales qui la revêt, rampe un fin réseau de capillaires sanguins; au centre, un espace vide : c'est l'origine d'un vaisseau lymphatique, de ceux que nous avons appelés *chylifères* (fig. 240), et qui, après avoir traversé de nombreux ganglions, se rendent dans la veine sous-clavière gauche. L'épaisseur totale d'une villosité est d'environ $0^{mm},2$; la largeur du capillaire lymphatique de $0^{mm},1$: reste donc, pour pénétrer dans les vaisseaux, une distance maximum à franchir de un demi-dixième de millimètre pour les aliments dissous qui vont imbiber la paroi.

Fig. 245. — Villosité intestinale grossie environ 20 fois : *aa*, épithélium; *bb*, artères; *c*, veine; *d*, vaisseau chylifère.

Ceux-ci paraissent passer assez indifféremment par l'une et l'autre voie des chylifères ou des veines. Les temps ne sont plus des vives querelles soulevées entre physiologistes sur la voie parcourue par les matières absorbées. Mais il faut que je vous rappelle que, par l'un ou l'autre chemin, elles ne s'en vont pas directement à la circulation générale. Si elles passent par les chylifères, elles traversent les ganglions; si elles passent par la veine porte, elles vont au foie. Dans l'un

et l'autre cas, elles peuvent éprouver des modifications chimiques.

Absorption des matières grasses.

Mais c'est par les chylifères que pénètrent presque exclusivement les matières grasses. Celles-ci, nous l'avons vu, sont émulsionnées par les sucs digestifs, principalement par le suc du pancréas. Elles entrent dans les chylifères qui, jusque-là invisibles, deviennent alors d'un blanc de lait; c'est même là ce qui les a fait découvrir sur un animal en pleine digestion.

Mais comment ces globules gras, si petits qu'ils soient, peuvent-ils pénétrer à travers des parois parfaitement closes? C'est pour eux qu'on a cherché, qu'on a décrit des trous, des pores hypothétiques! Il n'y en a pas, on peut l'affirmer aujourd'hui. Les globulins gras traversent directement les parois et pénètrent comme par effraction dans le canal chylifère; ils y arrivent en nature, comme on s'en assure en faisant avaler à un animal des matières grasses différentes (oléine, margarine, etc.), et en faisant l'analyse chimique du *chyle*, c'est-à-dire de l'émulsion blanche, prise dans les vaisseaux qui lui doivent leur nom.

Le cheminement des globules gras semble facilité par une enveloppe très mince de matière albuminoïde, qui les revêt et leur permet, ce que ne font pas les graisses, d'adhérer aux membranes imbibées de sérum aqueux. Mais je n'hésite pas à vous avouer, sans insister davantage sur ces faits, que l'absorption des matières grasses est encore une question entourée de bien des obscurités.

C'est ainsi que les matières alimentaires, devenues cristalloïdes, ou mises sous forme d'émulsion, tra-

versent la muqueuse intestinale et pénètrent dans le sang.

Action de l'épithélium.

Certaines substances introduites dans le canal digestif n'y éprouvent pas de modifications suffisantes pour être absorbées. Telle est la *gélatine*, substance extraite des os par la coction, sur laquelle on avait, il y a quelque quarante ans, fondé de grandes espérances nutritives, et qu'on recommandait fort aux populations : elle est à peu près complètement inattaquable par les sucs digestifs. Tels sont encore, chose bien curieuse, les *venins* des serpents ou d'autres animaux, qui ne s'absorbent pas, ou du moins ne s'absorbent qu'avec une telle lenteur, qu'ils n'occasionnent aucun accident ; tel aussi le *curare*, poison fort curieux dont arment leurs flèches les naturels des bords de l'Amazone.

Mais — et j'appelle spécialement votre attention sur ce fait — c'est le revêtement épithélial seul qui s'oppose à l'absorption des venins et du curare. La moindre excoriation qui l'aura détruit permet l'entrée de la substance toxique, qui produit rapidement alors ses redoutables effets. Aussi, l'on a raison de dire qu'on peut impunément sucer la piqûre d'un serpent venimeux, mais c'est à la condition de n'avoir à la bouche aucune écorchure par laquelle le venin pourrait pénétrer.

Absorption par la peau.

L'action protectrice de la couche des cellules épithéliales ne se manifeste nulle part avec plus d'énergie que sur l'enveloppe extérieure du corps, sur la peau. Il est bien établi aujourd'hui que, dans les conditions ordinaires, la peau n'absorbe pas; des bains où se trouvaient en dissolution des poisons énergiques, comme la belladone, ont pu être pris im-

punément. Elle doit cette imperméabilité à deux causes qui se confondent en définitive, son revêtement épidermique et la couche graisseuse qui la recouvre toujours.

Vous savez toutes que l'eau ne mouille pas la peau. Au sortir d'un bain, même prolongé, l'eau coule en gouttelettes sur tout le corps, et la peau n'a pas changé d'aspect, sauf à la paume des mains et à la plante des pieds : là, en effet, elle est imbibée et boursouflée. Cela tient, comme je vous l'ai déjà dit, à ce que sur tout le corps, sauf aux deux endroits indiqués, se trouvent de petits poils et que, à chaque poil, sont annexées des glandes sébacées qui sécrètent un liquide huileux, lequel conserve à la fois au poil sa souplesse et à la peau son imperméabilité.

C'est cette huile qui, mêlée à l'épiderme, forme vernis et empêche l'absorption cutanée. Aussi, si l'on frotte la peau avec une graisse contenant des substances médicamenteuses ou toxiques, celles-ci pénètrent l'épiderme et sont absorbées par les vaisseaux du derme. Ce sont ces pommades chargées de belladone, de mandragore, de datura, qu'employaient autrefois les sorciers qui, s'en frottant sous les aisselles, s'empoisonnaient, éprouvaient des hallucinations, et chevauchaient en rêve au sabbat.

On obtient le même résultat en enlevant l'épiderme, ou du moins ses couches cornées, superficielles, à l'aide d'un vésicatoire à l'ammoniaque ou a la poudre de cantharide. La surface mise à nu absorbe parfaitement les substances qu'on y applique, et la médecine se sert avec avantage de cette méthode dite *méthode endermique* (*ἐν*, en, dans; *δέρμα*, *derma*, peau).

Pour le dire en passant, on fait aussi fréqu
ment, sous la peau, des injections de liquide co
nant des substances médicamenteuses; celles-ci s
ensuite absorbées par les vaisseaux profonds de
peau. C'est là la méthode dite *hypodermique* (
hypo, sous; *δέρμα*, *derma*, peau) : elle est fort à
mode aujourd'hui.

Absorption par diverses muqueuses.

Ce n'est pas seulement la peau et la muqueuse
testinale qui sont suceptibles d'absorber. La mu
queuse pulmonaire absorbe non seulement l'oxygè
et d'autres gaz, comme nous l'avons dit, mais des
liquides. Ceux-ci même y disparaissent avec une rapi
dité étonnante. On peut impunément laisser couler
pendant trois heures dans la trachée d'un cheval un
robinet d'eau gros comme un crayon : le liquide s'
absorbe au fur et à mesure qu'il entre.

Toutes les autres surfaces extérieures absorbent
aussi, avec une énergie qui dépend de l'épaisseur de
leur épithélium et des enduits dont il peut être
revêtu. C'est ainsi que la muqueuse de l'oreille, re
vêtue de graisse, absorbe peu les solutions aqueuses,
tandis que les huiles ou les alcoolats y agissent assez
bien. Au contraire, la muqueuse de l'œil absorbe
avec une telle rapidité, que, si l'on y instille une
goutte d'un *collyre* aqueux à la belladone, presque
aussitôt la pupille sous-jacente se dilate par l'effet
du médicament absorbé.

Les surfaces intérieures ont la même propriété.
Lorsque dans des expériences sur les animaux ou
dans des opérations chirurgicales on injecte dans
la plèvre, le péritoine, les cavités articulaires, de
l'eau avec ou sans quelque substance étrangère dis
soute, elle y disparaît assez vite par absorption. Tout

naturellement, les liquides qui, dans les inflammations, s'accumulent dans les séreuses, y sont absorbés lors de la guérison : on dit alors qu'il y a *résorption*.

Tous les tissus, tous les organes, toutes les régions du corps, peuvent être le siège d'absorption, de résorption : c'est que partout se trouvent des vaisseaux sanguins et des vaisseaux lymphatiques. Ces résorptions jouent un très grand rôle dans la guérison de diverses maladies, la disparition de certaines tumeurs; mais je ne saurais insister davantage sur ce point.

Parmi toutes les membranes organiques, une seule fait exception, et se refuse d'une manière absolue à toute absorption : c'est la muqueuse qui revêt la vessie urinaire. Et il y a là une relation très importante à signaler avec le rôle physiologique du réservoir qu'elle tapisse. C'est là qu'aboutissent et séjournent quelque temps toutes les substances qui doivent être rejetées de l'organisme : il était nécessaire qu'elles ne pussent être résorbées à nouveau. Mais, pour être ainsi rebelle à l'absorption, il faut que la muqueuse vésicale ait son épithélium intact. Quand il est malade ou enlevé, l'absorption se fait comme partout ailleurs.

LES SÉCRÉTIONS ET LES EXCRÉTIONS.

Différence entre les Sécrétions et les Excrétions.

Nous venons de voir comment les substances diverses, solides, liquides, gazeuses, pénètrent dans le sang, les unes par le poumon, les autres par l'intestin, pour de là se rendre aux tissus. Parmi les

organes qu'elles nourrissent, il en est qui fabriquent à leurs dépens des substances qu'ils s'incorporent, substances qui ne les quitteront qu'après s'être usées, brûlées : c'est là la règle générale, et dans cette catégorie il convient de placer les organes nerveux, les muscles, les os, etc. D'autres ne gardent pas pour eux les substances qu'ils ont fabriquées, mais les déversent pour l'utilité du reste de l'organisme, qui dans le sang, qui sur certaines surfaces. On donne le nom de *glandes* à ces organes, et celui de *sécrétions* à leurs produits, toujours dissous dans une plus ou moins grande quantité d'eau. Enfin il est des organes, également nommés glandes, qui, sans fabriquer aucune substance, servent de lieu de passage à tous les détritus organiques, les séparent du sang où ils ont été rejetés dans la profondeur des tissus, et les conduisent au dehors : ces actes constituent les *excrétions*. Mais je me hâte de vous dire que cette classification commode est, comme toutes les classifications, un peu arbitraire.

Le vrai caractère de la sécrétion, c'est la formation sur place, dans la glande, d'une substance qui n'existait pas dans le sang, bien qu'elle soit formée aux dépens des matériaux du sang. Il y a, comme je viens de vous l'indiquer, des sécrétions dont les produits sont rejetés dans le sang, d'autres dont les produits sont versés sur certaines surfaces, sur les muqueuses : des sécrétions *internes*, des sécrétions *externes*. Commençons par celles-ci.

Suce digestif. *Glandes digestives.* — Les plus importantes parmi elles sont à coup sûr celles qui versent leurs produits sur les muqueuses digestives : il en est de toutes les sortes, et des plus variées de forme, comme je

vous l'ai dit, depuis les simples follicules de l'intestin jusqu'aux glandes en grappe qui sécrètent les salives et le suc pancréatique. Nous avons déjà étudié la structure et les produits de ces glandes.

Ce sont les cellules épithéliales qui tapissent les culs-de-sac de ces glandes qui, par leur activité propre, fabriquent les unes la *ptyaline* salivaire, d'autres la *pepsine* du suc gastrique, etc. (fig. 246). L'expulsion du produit par l'orifice de la glande est sous l'influence du système nerveux.

A la glande sous-maxillaire se rend un nerf appelé *la corde du tympan*. Lorsqu'on met un tube dans le conduit excréteur sur l'animal vivant, on en voit sourdre la salive en gouttes pressées, si un excitant est placé sur la langue, ou même quand on montre à l'animal quelque mets désiré. Le même effet se produit quand on excite directement le nerf par l'électricité. Cette sécrétion est accompagnée de changements dans la circulation locale ud sang sur lesquels j'appellerai plus tard votre attention. Mais elle peut avoir lieu quand même on a empêché l'arrivée du sang dans la glande, ce qui prouve qu'il s'y trouve toujours d'importantes réserves.

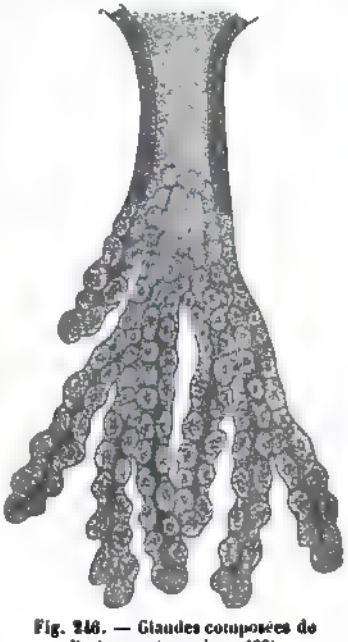


Fig. 246. — Glandes composées de l'estomac (grossiss., 100).

Il y a beaucoup d'eau dans toutes les sécrétions;

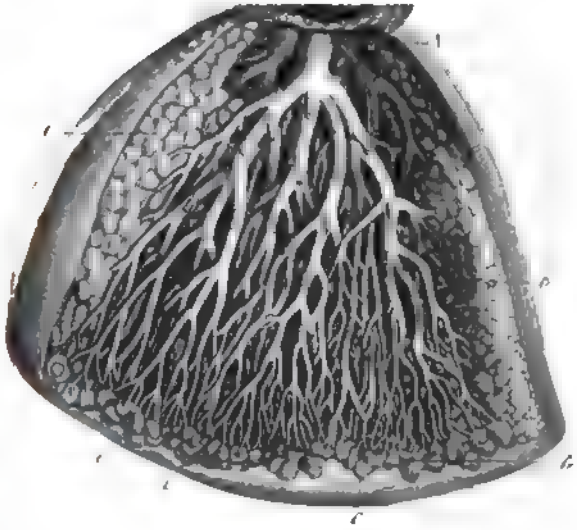


Fig. 247. — Structure de la mamelle : *c*, lobules de la glande ; 1, 2, conduits du lait.

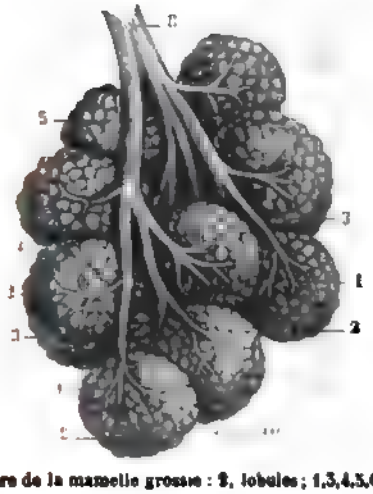


Fig. 248. — Structure de la mamelle grosse : 2, lobules ; 1,3,4,5,6, conduits du lait.

les salives ne contiennent guère que 10 à 20 pour 1000 de matières solides.

Glande mammaire. — Une des sécrétions les plus

curieuses de l'organisme est celle du lait. La mamelle est formée de lobules dont les conduits excréteurs se réunissent et finalement débouchent au dehors par un certain nombre d'orifices (fig. 247 et 248).

Le lait est beaucoup plus riche en matières solides que les sécrétions digestives, sauf la bile : il en contient de 110 à 150 pour 1000. Elles sont, en laissant de côté quelques matières salines peu importantes, de trois natures principales. D'abord, le *sucre de lait*, ou *lactose*, qui se transforme très rapidement au contact de l'air et par l'action d'êtres microscopiques en acide lactique, ce qui cause la coagulation spontanée du lait.

Puis, les matières grasses, qui se présentent sous la forme de petits globulins (fig. 249) dont la dimen-

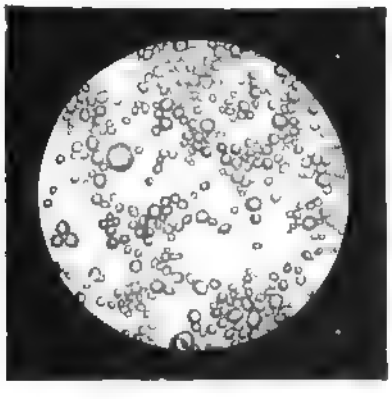


Fig. 249. — Globules du lait (très grossis).

sion peut atteindre 25 millimètres. Formés d'une gouttelette de graisse environnée d'une mince membrane albuminoïde, ils sont plus légers que le liquide et montent à la surface quand il reste en repos

(*crème*). Si on déchire leur enveloppe par le battage, ils se réunissent les uns aux autres pour former le *beurre;* les plus petits seuls restent dans le *petit lait.*

Enfin, une matière albuminoïde, la *caséine*, qui se coagule sous l'influence des acides et aussi sous celle du suc gastrique, de la *présure*. C'est cette coagulation qui est la base de l'industrie des *fromages*.

Je mets sous vos yeux un tableau indiquant la composition du lait de la femme et de plusieurs animaux domestiques. Ce sont des valeurs moyennes, autour desquelles se remarquent des oscillations assez importantes suivant l'âge de l'animal, l'âge du lait, l'alimentation, etc. :

	Femme.	Vache.	Chèvre.	Brebis.	Anesse.
Eau.	899	857	863	839	910
Caséine	39	55	48	53	20
Beurre.	27	43	45	59	12
Sucre de lait.	44	40	40	41	58

L'inspection de ce tableau explique bien des faits connus dans la pratique. On y voit la raison de la digestibilité facile et du goût agréable du lait d'ànesse, pauvre en graisse et riche en sucre. On voit aussi que le lait de chèvre est celui qui ressemble le plus au lait de femme. Enfin on comprend pourquoi il est bon d'ajouter de l'eau sucrée au lait de vache qu'on donne aux enfants, afin d'étendre la caséine et le beurre, difficiles à digérer.

Le lait contient une quantité notable de phosphates, soit de 3 à 4 pour 1000. La présence de ces sels s'explique aisément par la nécessité de former les os, riches en phosphore, car le lait est un aliment complet, le seul, avec l'œuf, que nous présente la nature.

Foie. — Le foie forme, comme on le sait de temps immémorial, la *bile*, le *fiel*, liquide verdâtre, extrêmement amer, qui contient environ 140 parties de matières solides contre 860 d'eau. Bile.

Ces principes divers sont : 1° des matières colorantes (environ 20 pour 1000) ; 2° des acides azotés dits *biliaires* (environ 80 pour 1000) ; 3° la *cholestérine* (environ 25 pour 1000), sorte de matière grasse qui se forme en divers lieux de l'organisme, et s'en va par le foie ; 4° des sels (10 pour 1000).

La bile possède, comme on le sait depuis longtemps, le pouvoir de dissoudre les graisses, de détacher ; les anciens dégraisseurs l'employaient fréquemment, et elle sert encore à cet usage.

Lorsque la bile n'est pas sécrétée convenablement, et que ses principes restent dans le sang, il survient des accidents dont la gravité varie beaucoup suivant des conditions encore mal déterminées. Presque toujours alors les matières colorantes ne pouvant plus s'échapper imprègnent les tissus et particulièrement les muqueuses, d'où le nom de *jaunisse* donné à ce symptôme maladif.

Trop souvent quelques-uns des principes de la bile, au lieu de rester dissous, se précipitent sous forme de poussières ou même de pierres plus ou moins grosses : ce sont les *calculs* hépatiques. En cheminant dans les canaux biliaires, ces calculs produisent des douleurs ou *coliques hépatiques*, qui sont extraordinairement vives, et ne disparaissent que lorsque le corps étranger est arrivé dans l'intestin grêle.

La sécrétion de la bile est là pour montrer l'arbitraire de la séparation des sécrétions et des excré-

tions. En effet, d'un côté, ce liquide agit dans la digestion (sécrétion), de l'autre, il contient des matières d'usure organique qui sont ainsi rejetées au dehors (excrétion).

Glycogénie du foie.

Enfin le foie nous offre l'exemple d'une glande qui, non seulement fabrique un liquide destiné à être expulsé, mais aussi des substances qui seront versées dans le sang.

Lorsqu'on examine, sur un animal à jeun, simultanément le sang de la veine porte, qui va au foie, et le sang de la veine sus-hépatique, qui sort du foie pour se rendre à l'oreillette droite du cœur, on voit qu'il y a toujours abondance de sucre, de glycose, dans ce dernier, tandis qu'il n'en existe que des traces dans le premier. Ce fait, découvert par Claude Bernard, montrait pertinemment qu'il se forme du sucre dans le foie, chose absolument inattendue.

Cette découverte ayant été discutée très vivement, Claude Bernard fit entre autres expériences la suivante, qui ferma la bouche à ses contradicteurs. Un foie récemment extrait du corps est soumis, par le canal de la veine porte, à une irrigation continue d'eau froide, jusqu'à ce que, ainsi lavé, il ne contienne plus trace de sucre. On le place alors dans une étuve, à la température du corps animal, soient 35°-40°. Au bout de quelques heures, le sucre y a reparu en abondance. Il n'était plus possible, en présence de ce fait, de nier la formation de sucre dans le foie, la *glycogénie* (γλυκὸς, ***glycos***, sucre; ***γένεσις***, *genesis*, formation) *hépatique*.

Allant plus loin encore, Claude Bernard parvint à isoler la matière qui donne naissance à la glycose.

glycogène, comme il l'appela. C'est un véritable amidon animal, qui se transforme en sucre, comme la glycose ordinaire, sous l'influence des acides, de la salive, etc.

Il montra alors que ce glycogène se forme aux dépens soit du sucre absorbé par la veine porte, soit de matières grasses, soit même de matières albuminoïdes. Voici l'une de ses expériences qui vous montre par un exemple sa merveilleuse ingéniosité expérimentale. Il fait pondre des mouches sur de la viande bien lavée et bien dégraissée, ne contenant plus de sucre, par conséquent : or, les larves qui en sortent se chargent en grandissant de glycogène et de glycose, qu'elles ne peuvent avoir empruntés qu'à la matière albuminoïde.

Nous verrons que la fabrication de la glycose hépatique est sous l'influence du système nerveux. Lorsque, pour des raisons quelconques, sa proportion dans le sang s'élève à plus de 2 pour 1000, elle passe dans les urines, d'où la maladie connue sous le nom de *diabète sucré*. La quantité de sucre ainsi rendu peut s'élever à 3 ou 400 grammes par jour. Dans ces conditions, la maladie est des plus redoutables, et l'épuisement qui en est la conséquence ne tarde pas à amener la mort.

Larmes. — Les larmes sont sécrétées par une glande située à l'angle supérieur de la cavité orbitaire, près du nez. Elle appartient au type des glandes en grappe, comme les glandes salivaires. *Larmes*

La sécrétion lacrymale est continue, mais peu abondante. Elle contient seulement 18 à 20 de matières solides pour 1000 ; presque tout est du chlorure de sodium, ce qui leur donne une saveur salée. Nous

verrons plus tard quel rôle elle joue comme protectrice de l'organe de la vision.

Sous diverses influences morales, ou par des excitations soit de l'œil, soit de la muqueuse nasale, etc., elle s'exagère, et alors les larmes, que leur chemin habituel ne peut toutes contenir, s'écoulent sur la joue.

Rein. — C'est là la glande excrétante par excellence. Il ne s'y forme aucun principe spécial, mais elle sépare du sang et rejette au dehors tous les matériaux d'usure des divers organes, et aussi toutes les substances que les hasards de l'alimentation ou les expériences des physiologistes ont introduites dans le sang.

Structure du rein.

Il y a un rein de chaque côté, à la région des lombes. Ces organes sont en dehors du péritoine. De chacun d'eux part un tube excréteur ou *uretère*, qui aboutit à un réservoir musculeux ou *vessie* (fig. 250).

Fig. 250. — Appareil urinaire : *a*, reins ; *b*, uretères ; *c*, vessie ; *d*, urèthre.

La structure du rein est fort curieuse. La sécrétion se fait dans de petites boules ou *glomérules*, qui communiquent avec des tubes, *tubes urinifères*, lesquels se réunissent et finissent par aboutir à une cavité commune ou *bassinet*. Du bassinet part l'uretère (fig. 251).

On distingue en coupant un rein deux couches superposées, bien distinctes : la substance *corticale* (fig. 252), dans laquelle se trouvent les glomérules, et la substance tubuleuse, purement excrétante.

Les corpuscules sécréteurs sont formés chacun par un enroulement de vaisseaux (fig. 253), que coiffe

l'extrémité d'un tube urinifère. L'épithélium qui revêt ce tube s'amincit à cette région, pour per-

Fig. 251. — Rein coupé en son milieu : *a*, uretère ; *b*, bassinet ; *c*, pyramide ; *h*, substance corticale.

Fig. 252. — Coupe de la partie superficielle du rein (grossie, 3) : *a*, tubes urinifères ; *b*, écorce ; *d*, vaisseaux sanguins portant les glomérules.

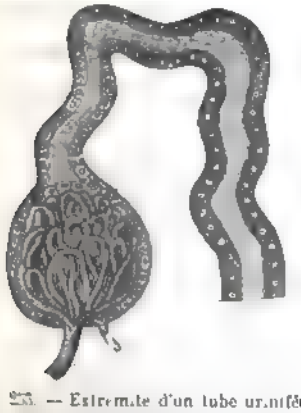


Fig. 253. — Extrémité d'un tube urinifère montrant son épithélium et ses rapports avec les vaisseaux entourés qui forment le glomérule.

Fig. 254. — Trajet contourné des tubes urinifères.

mettre au liquide extrait du sang d'y pénétrer plus facilement. De ce point, le trajet du tube est

extrêmement irrégulier, contourné, bizarre, avant d'arriver au dehors (fig. 254).

Composition de l'urine.

Le liquide sécrété varie en quantité et en composition chimique suivant les heures du jour, l'exercice ou le repos, les influences nerveuses, les espèces animales, et surtout l'alimentation.

Chez les animaux carnivores, il est clair et extrêmement acide. Son principe constituant le plus im-

Fig. 255. — Cristaux d'urée.

Fig. 256. — Diverses formes de cristaux d'acide urique.

portant est *l'urée* (fig. 255), matière azotée cristallisable que les chimistes ont pu fabriquer de toutes pièces; on y trouve aussi, en proportion d'autant plus grande que la nourriture est plus exclusivement animale, *l'acide urique* (fig. 256) et ses sels, surtout l'*urate de soude* (fig. 257). C'est cet acide

Fig. 257. — Sédiments d'urate de soude.

Fig. 258. — Cristaux d'acide hippurique.

dont l'accumulation exagérée dans l'organisme est le caractère le plus apparent de la maladie connue sous le nom de *goutte*. On le trouve alors en abondance dans les dépôts urinaires, et il se dépose

également en petites masses dans les articulations.

Chez les herbivores, le liquide urinaire est trouble et alcalin; il contient aussi de l'urée, peu ou pas d'acide urique, mais un acide spécial dit *hippurique* (fig. 258).

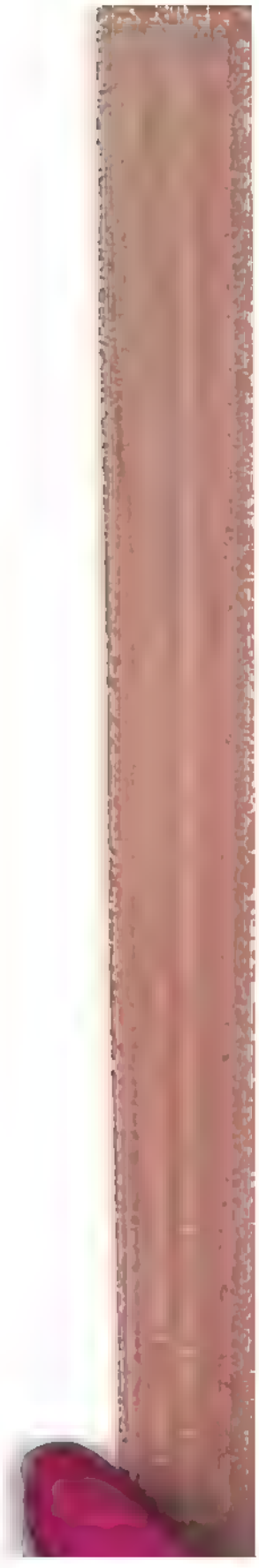
Ces différences ne tiennent pas à l'espèce animale, mais bien à l'alimentation. Chez un herbivore nourri de viande, ou simplement laissé à jeun, ce qui le force à vivre de sa propre substance et le rend ainsi carnivore, la sécrétion urinaire devient identique à celle des carnivores.

Les autres débris de l'organisme : chlorure de sodium, phosphates, etc., s'y rencontrent également. Accidentellement, je vous le disais tout à l'heure, le sucre formé en excès dans le foie, ou absorbé avec exagération par les voies digestives, apparait dans l'urine; c'est là le diabète *sucré* (dans le diabète *simple*, il y a seulement augmentation de la quantité de l'urine). Il en est de même, comme je vous le disais, pour toutes les substances introduites dans l'organisme, les médicaments, les poisons. Le rein est un filtre qui laisse passer toutes les substances cristalloïdes, toutes celles qui, placées dans l'intestin, s'absorbent facilement.

L'albumine du sang elle-même peut s'échapper, bien qu'elle soit de nature *colloïde*, et ne passe pas à travers les membranes; mais c'est qu'alors les tubes rénaux eux-mêmes sont malades, et l'on en retrouve l'épithélium dans la vessie. L'*albuminurie*, comme on nomme cette maladie, est très grave, car elle entraîne une perte quotidienne et importante de substance.

Sédiment urinaires.

Il arrive fort souvent que les diverses matières rejetées par l'urine s'y trouvent en trop grande pro-



portion pour y rester dissoutes ; elles se précipitent alors en *sédiments* fort divers d'aspects et de couleurs (fig. 259, 260). Lorsqu'ils sont de dimension appre-

Fig. 259. — Sédiment de phosphate ammoniaco-magnésien et d'urate d'ammoniaque (boules hérissées de pointes)

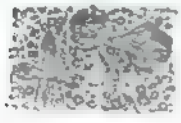


Fig. 260. — Sédiment composé d'acide urique (faisceaux fibreux), d'urate de soude (granules), d'oxalate de chaux (carrés pointillés).

ciable, on les nomme *gravelles* : la gravelle urique est un des signes de la goutte.

Le cheminement de ces corps étrangers dans les voies urinaires produit les atroces douleurs des *coliques néphrétiques* (νεφρός, *néphros*, rein).

Lorsque dans le réservoir vésical les sédiments s'agglomèrent en masses assez grosses, elles arrivent à constituer des *pierres* ou *calculs vésicaux* (fig. 261 et 262), qu'il faut extraire par la *taille* ou briser à l'aide d'instruments *lithotripteurs*.

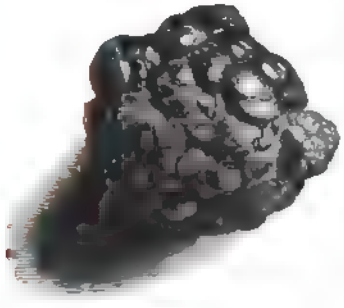


Fig. 261. — Calcul de phosphate tribasique entourant une concrétion muriforme d'oxalate de chaux.

Le rein étant le siège d'une circulation extrêmement riche, l'apparition des matières dans sa sécrétion se fait avec une grande rapidité. On en a retrouvé une minute après l'introduction de la substance dans l'estomac.

Si le rein est la voie d'élimination la plus impor-

tante de l'organisme, il ne faudrait pas croire qu'elle soit la seule. Et c'est là ce qui montre l'inanité des classifications. Les substances absorbées par le tube

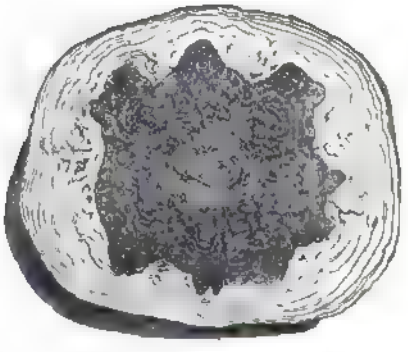


Fig. 262. — Coupe d'un calcul offrant un noyau d'acide urique entouré d'oxalate de chaux et recouvert extérieurement de lamelles d'acide urique.

digestif ou injectées dans le sang peuvent s'en aller, en outre du rein, par d'autres glandes encore. C'est ainsi qu'on les voit passer dans la sueur, dans le lait (une nourrice à qui l'on fait prendre de la rhubarbe a le lait jaune et purge son nourrisson), dans la salive, dans le suc gastrique, etc. Si dans une veine d'un animal on injecte un sel de fer, dans une autre du prussiate jaune de potasse, ces deux substances *s'éliminant*, comme on dit, se rencontrent dans la vessie et dans l'estomac, et y forment du bleu de Prusse.

Sueur.

Glandes sudoripares. — Je vous ai déjà dit un mot, en faisant l'histoire générale de la peau (voy. p. 75), des glandes sudoripares (fig. 263). Elles sont constituées par un tube enroulé, caché dans les parties profondes du derme, tube qui perce toute l'épaisseur de la peau pour déboucher à la surface. Très abondantes dans la peau de l'homme (on estime leur nombre chez nous

à plus de deux millions), du cheval, etc., elles manquent presque complètement chez certaines espèces, notamment chez le chien, qui ne sue jamais.

Fig. 265. — Glande sudoripare. (Grossissement 35.)

La sueur est un liquide très acide, mais dont la composition chimique n'est pas bien connue ; elle contient de l'urée et des acides gras odorants.

Elle est sécrétée continuellement, mais en si faible quantité qu'elle imbibe l'épiderme et s'évapore, au fur et à mesure de sa formation : c'est ce qu'on appelle la *transpiration insensible*. Mais sous diverses influences, elle apparaît en quantité très abondante. Son évaporation à la surface de la peau joue un rôle important dans la régularisation de la chaleur animale ; elle rafraîchit le corps jusqu'à produire une sensation de froid.

Liquide sébacé.

Glandes sébacées. — Je vous rappelle encore une fois qu'à chaque poil est annexée une petite glande (voy. p. 71) qui sécrète un liquide huileux, contenant un tiers de matières grasses, demi fluide, lequel imprègne l'épiderme et le poil, et les rend à la fois souples et imperméables.

Vous voyez que la peau excrète à la fois de l'urée comme le rein, des matières grasses comme le foie, de l'acide carbonique comme le poumon ; ainsi elle est à la fois, pour ainsi dire, un *rein*, un *foie*, et un *poumon superficiels*.

HUITIÈME LEÇON

La Nutrition

Nous avons admis jusqu'à présent, comme une vérité en quelque sorte indiscutable, tant l'expérience de tous les temps l'a constatée fréquemment, qu'il est absolument nécessaire de respirer et de manger pour vivre. Je crois qu'il serait oiseux et quelque peu ridicule d'insister sur sa démonstration.

Nécessité de la respiration et de la circulation.

Un animal, un chien, par exemple, dont la respiration est complètement supprimée, par la submersion ou par l'oblitération de la trachée, lutte activement et intelligemment pendant une ou deux minutes, puis fait pendant une ou deux minutes encore des mouvements désordonnés, auxquels succèdent quelques mouvements inspiratoires qui, si l'animal est sous l'eau, introduisent ce liquide dans ses poumons; le cœur bat ensuite pendant une ou deux minutes, puis il s'arrête, et alors l'animal est mort, mort *asphyxié :* il s'est ainsi écoulé quatre ou cinq minutes depuis le début de l'expérience. Jusqu'à la cessation complète des battements du cœur il y a chance, en faisant entrer par diverses manœuvres l'air dans les poumons, en faisant suivant l'expres-

sion consacrée, la *respiration artificielle*, de rappeler l'animal à la vie (fig. 264).

Il ne semble pas que l'homme, quant à la durée de sa résistance à l'asphyxie, diffère beaucoup du

Fig. 264. — Respiration artificielle pratiquée sur un noyé

chien. Les plus habiles plongeurs de perles ne peuvent rester plus de deux minutes sous l'eau, et les noyés ne peuvent généralement, après six ou huit minutes de submersion *totale*, être rappelés à la vie.

Cependant, un chien nouveau-né peut rester à peu près impunément un quart d'heure immergé dans l'eau tiède ; d'autre part, les baleines, les dauphins, disparaissent sous l'eau pendant un temps au moins égal ; enfin, certains mammifères, dont les plus connus sont les marmottes, peuvent, pendant une

certaine phase de leur vie, quand il fait froid, en hiver (d'où le mot *hibernation*), être privés pendant des heures de toute respiration.

La question n'est donc pas si simple qu'elle en a l'air tout d'abord ; mais la formule générale n'en reste pas moins vraie : tout arrêt de la respiration, suffisamment prolongé, entraîne la mort.

De même, pour la privation d'alimentation, la durée de la résistance varie notablement. Chez l'homme, elle paraît osciller entre huit et quinze jours : plus grande, si le malheureux inanitié peut se procurer de l'eau. On a vu des chiens vivre pendant plus d'un mois à la condition de boire. D'autre part, une souris ou une taupe périt en quelques heures si elle n'a pas à manger. Inversement, la marmotte endormie passe son hiver sans manger ni boire. Enfin, le nouveau-né, qui résiste si étonnamment à l'asphyxie, périra en un ou deux jours s'il est privé de nourriture.

L'inanition a pour effet de diminuer notablement le poids de l'animal, qui périt, en général, lorsqu'il a perdu près de la moitié de son poids primitif. La perte porte d'abord sur la graisse emmagasinée dans les divers tissus et surtout sous la peau (fig. 265) ; les autres parties du corps perdent également de leur poids ; mais, chose curieuse, la quantité et la composition du sang restent sensiblement identiques jusqu'aux jours qui précèdent la mort. Il semble que le sang extraie des divers organes tout ce qui est nécessaire à son intégrité, et que l'animal meure précisément lorsque cette réserve antérieure est épuisée.

La raison d'être de l'alimentation se manifeste

donc avec évidence. Il faut réparer les pertes dont

Fig. 265. — Un famélique indien.

Fig. 266. — Balance avec laquelle un médecin du dix-huitième siècle, Sanctorius, appréciait les variations de son poids.

le corps de l'animal, laissé à lui-même, est incessamment le siège (fig. 266).

Variation dans les pertes organiques.

Si, en effet, on place un animal sur un des plateaux d'une balance parfaitement équilibrée, on voit que ce plateau s'élève d'un mouvement progressif et parfaitement régulier. Il se fait donc, en outre des pertes subites de matières solides ou liquides, qui de temps à autre impriment une sorte de secousse à l'instrument, une déperdition incessante de matière, sous une forme invisible, c'est-à-dire sous une forme gazeuse.

Si la balance est placée sous une cloche où l'air qui entoure l'animal soit saturé d'humidité, la perte du poids est notablement moindre, mais elle persiste toujours; elle est donc due, d'une part à de la vapeur d'eau qui sort du corps, d'autre part à un autre gaz.

Si, toutes conditions d'humidité égales, on soumet successivement l'animal à une température extérieure de 20° ou de 0°, on voit que dans l'air froid la perte de poids est notablement plus considérable que dans l'air chaud.

Si enfin, à température et humidité égales, on force l'animal à s'agiter, à travailler, dans le sens mécanique du mot, on voit augmenter considérablement la perte de poids.

Ne croyez pas que tout ceci soit une simple figure, et que ces expériences soient irréalisables. On a construit dans ces derniers temps des balances tellement sensibles qu'on peut constater avec elles la perte régulière du poids d'un homme, et l'augmentation de cette perte lorsque l'homme en expérience se met à lire à haute voix.

Ainsi, en résumé: perte de poids par substances gazeuses; perte qui, en laissant de côté la vapeur

d'eau, augmente avec le froid et avec l'exercice.

Réparation des pertes organiques.

Cette perte de poids, est due, vous vous en doutez bien, à l'acide carbonique qui sort du poumon lors de chaque expiration ; ajoutons et de la peau, car il s'en échappe un peu par cette voie : chez l'homme, environ un centième de ce qui sort par les poumons.

Nous avons dit, dans une précédente leçon, qu'un homme exhale par jour environ 944 grammes d'acide carbonique, contenant 256 grammes de carbone, soit en nombre rond 250 grammes. C'est, bien entendu, un chiffre approximatif, qui varie avec les conditions que nous venons d'indiquer, et en outre avec la taille de l'individu, avec la saison, l'exercice, etc.; mais il nous suffira pour en tirer d'intéressantes conséquences.

Il faut, de toute nécessité, que cette perte en carbone soit quotidiennement réparée par l'alimentation. Mais il est bien clair qu'il ne nous servirait de rien de manger du charbon pur, sur lequel les sucs digestifs ne sauraient mordre; des carbonates, ou même d'autres substances plus compliquées, comme les acides organiques, l'alcool, etc., malgré leur richesse en carbone, ne nous serviraient pas davantage. Il nous faut des matières du même ordre que celles qui, en se détruisant dans l'organisme, produisent l'acide carbonique, c'est-à-dire des graisses, des féculents (ou sucres, ce qui revient au même, la fécule se transformant en sucre dans l'intestin), des matières albuminoïdes.

Si nous prenons par exemple une matière type appartenant à chacune de ces trois catégories, l'analyse chimique montre que, pour obtenir 250 grammes de carbone, il faut prendre soit 320 grammes

de graisse, soit 562 grammes d'amidon sec, soit 527 grammes d'albumine sèche.

Mais cette précision chimique ne nous importe guère : ce n'est pas sous cette forme que se présente dans la pratique le problème de l'alimentation. En prenant pour exemple deux éléments types, nous dirons que pour se procurer la quantité voulue de carbone, il faudrait manger par jour soit 850 grammes de pain à un degré moyen de cuisson, c'est-à-dire de dessiccation, soit $2^{kil},25$ de viande fraiche. Nous verrons plus tard quelles raisons peuvent nous décider à choisir un certain mélange de ces aliments divers pour notre nourriture.

Revenons à la valeur de la perte quotidienne en carbone. Nous avons vu qu'elle augmente d'une part lorsque la température s'abaisse, d'autre part lorsque l'animal travaille. Ces deux points méritent une sérieuse attention.

Parlons en premier lieu de l'influence du froid. Ici se place tout d'abord une observation de première importance.

Origine de la chaleur animale.

Introduisez dans la bouche d'un mammifère quelconque, en prenant toutes les précautions nécessaires pour que l'air froid du dehors ne vienne pas la frapper, la boule d'un thermomètre. Vous verrez la colonne métallique monter, et s'arrêter au voisinage de 39°. Ce chiffre, j'insiste sur ce point, sera le même, que vous ayez mis en expérience une souris ou un éléphant, voire même une baleine, au sein des eaux glacées. Bien plus, il sera le même, que vous ayiez opéré pendant les chaleurs de l'été ou les froids de l'hiver, sous l'équateur ou au cercle polaire.

Ainsi les mammifères sont des animaux présen-

tant une *température constante*, expression qui vaut mieux que celle d'animaux à sang chaud, sous laquelle on les désigne d'ordinaire.

Comment peut être entretenue cette température, au milieu d'un air qui dans l'immense majorité des cas est notablement moins chaud ? Quelle est la source de la chaleur développée ?

Elle est la même que celle de nos foyers ; c'est la combustion, l'oxydation du carbone et de l'hydrogène par l'oxygène de l'air, qui forme ainsi de l'acide carbonique et de l'eau. Seulement, dans nos foyers, l'oxydation est rapide, énergique, produisant à la fois une très haute température et un dégagement de lumière ; dans le corps, elle est lente, d'une faible intensité, et ne s'accompagnant presque jamais de lumière (exceptions rares : vers luisants, etc.).

Ce n'est pas là la seule différence, ni la plus importante peut être. Dans un foyer, l'oxygène s'empare directement du carbone et de l'hydrogène avec lesquels il entre en contact, et les brûle complètement ; l'oxygène contenu dans l'acide carbonique CO^2 et dans l'eau HO qui s'échappent d'un tuyau de cheminée, est précisément celui qui un instant auparavant était entré dans le foyer. Il en est tout autrement dans le corps vivant.

L'oxygène arrivé par le poumon, fixé momentanément sur l'hémato-cristalline du globule sanguin, quitte celui-ci, dans la traversée des capillaires, pour se porter sur la matière des organes dans lesquels il passe. Il contracte là des combinaisons qui ne nous sont pas bien connues ; les corps nouveaux ainsi formés s'oxydent de plus en plus, quittent enfin la place, et se transforment finalement en acide carbo-

nique; en eau et en urée. Nul ne sait combien de temps la molécule d'oxygène entrée dans la combinaison primitive met pour aller jusqu'à la combustion complète.

Mais ce qu'on sait de source certaine, c'est que, au contraire de ce qui se passe dans le foyer, l'oxygène de l'eau et de l'acide carbonique qui s'échappent à une certaine expiration, provient d'une inspiration qui a eu lieu bien longtemps auparavant.

A tous les points de vue, les oxydations organiques ressemblent plus à une fermentation qu'à une combustion véritable, et on comparerait avec bien plus d'exactitude le corps animal à la cuve en ébullition du vigneron ou du brasseur qu'au foyer de la cheminée, comme on le fait toujours. D'autant plus que dans le corps, comme dans la cuve, ce sont les toutes petites parties figurées, les éléments anatomiques, isolés dans le ferment du vin, accolés en tissus dans l'animal complexe, qui agissent et s'oxydent.

Quoi qu'il en soit, ce sont ces oxydations intra-organiques, se passant dans tous les points de l'organisme qui, partout, déterminent la production de la chaleur, d'où la température élevée du corps. Et comme celle-ci doit rester constante, on comprend que si celle de l'air ambiant vient à baisser, il faut que la production intérieure de chaleur augmente pour faire face à cette déperdition exagérée. De là, la respiration plus active, l'absorption plus considérable d'oxygène, la production d'une plus grande quantité d'acide carbonique, et sans doute d'eau, bien que les analyses comparatives n'aient pu porter sur ce point; de là, par suite, la nécessité d'une alimentation plus considérable.

Influence du froid sur les pertes organiques.

Mais il est clair que tout ce qui tendra à diminuer la déperdition de chaleur due au refroidissement extérieur amènera des économies dans la combustion intrà-organique. Or, cette déperdition est due à deux causes : le contact direct de l'air froid et le rayonnement.

Ces deux causes diminuent singulièrement lorsque la peau nue est recouverte de substances peu conductrices, capables surtout d'emmagasiner entre elles des couches d'air, encore moins conductrices. C'est le cas des poils dont sont recouverts les mammifères, surtout ceux des pays froids ; c'est le cas des tissus qui composent nos vêtements, dont les couches superposées nous protègent très efficacement.

Influence de la taille.

La taille des animaux est un élément considérable dans la question du refroidissement. Plus les animaux sont petits, plus ils tendent à se refroidir vite : la géométrie élémentaire donne la raison de ce fait. Supposons deux animaux semblables de forme, un jeune et un adulte, et supposons que toutes les dimensions de celui-ci (longueur, largeur, épaisseur) soient triples de celles du jeune. En prenant pour unités la surface et le volume du plus petit, nous trouvons que la surface du plus grand est représentée par $3\times3=9$ et son volume par $3\times3\times3=27$. Ainsi, tandis que, pour le jeune, le volume 1 a pour surface 1, et que par suite le volume 27 aurait pour surface 27, dans l'adulte le volume 27 a pour surface 9, c'est-à-dire que, pour un même volume et par suite un même poids, il y a chez le petit animal trois fois plus de surface, trois fois plus de contact avec l'air, trois fois plus de causes de refroidissement que chez le gros.

Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de voir que les enfants consomment beaucoup plus d'oxygène, exhalent beaucoup plus d'acide carbonique, dans un temps donné, par rapport à leur poids, que les adultes. Lors donc qu'on cherche à se rendre un compte exact de l'activité respiratoire des divers animaux, et que, pour cela, on rapporte à 1 kilogr. d'animal la quantité d'acide carbonique formé, il est tout naturel qu'on trouve pour les petits animaux des chiffres notablement plus forts que pour les gros.

C'est ainsi que, dans une expérience, tandis qu'un homme de 55 ans, pesant 65 kilogrammes, exhalait par jour 850 grammes d'acide carbonique, un enfant de 8 ans, pesant 22 kilogrammes, en formait 480. Ce qui fait, pour chaque kilogramme d'adulte 13 grammes et pour chaque kilogramme d'enfant près de 22.

Vous comprenez pourquoi l'enfant, exposé à une perte de chaleur beaucoup plus forte que celle de l'adulte, et par suite produisant plus d'acide carbonique, doit, pour faire face à cette déperdition, manger bien davantage aussi, eu égard à son poids, bien entendu

Par une conséquence toute naturelle, et pour la même raison géométrique, la surface de l'intestin, où se font la digestion et l'absorption, la surface du poumon, où se fait la respiration, sont comme la surface de la peau, beaucoup plus étendues chez l'enfant que chez l'adulte.

Influence de la chaleur

Puisque nous parlons de la constance de la température, je veux, après vous avoir montré comment elle se maintient quand l'air est froid, vous dire ce qu'il advient lorsque l'air est chaud. Tout naturelle-

ment, la respiration intime diminue d'énergie, et par suite la consommation de carbone et la chaleur produite. Aussi l'alimentation est-elle beaucoup moins considérable. Mais il arrive assez souvent, dans les pays chauds, que la température de l'air, même à l'ombre, s'élève au-dessus de celle du corps, au-dessus de 39 à 40°.

Dans ce cas, il ne suffit plus d'économiser sur la production de la chaleur, il faut produire du froid, pour se maintenir à l'équilibre. C'est la transpiration cutanée qui est chargée de ce soin ; les glandes sudoripares déversent à la surface de la peau une grande quantité de liquide, qui, pour se vaporiser, consomme de la chaleur. Le corps se refroidit alors comme une éponge mouillée, comme ces alcarazas poreux où l'on garde l'eau fraîche. De plus, la respiration s'accélère, et comme à chaque expiration l'air sort saturé d'humidité, il y a encore là une cause de refroidissement. C'est ainsi qu'il est possible de supporter les températures tropicales. C'est ainsi qu'au dix-huitième siècle une jeune fille, qui faisait fureur à la foire Saint-Germain, entrait dans un four tenant dans une assiette de bois un morceau de viande, et n'en sortait que lorsqu'il était cuit : les membres de l'Académie des Sciences de Paris constatèrent que la température du four s'élevait à 110°.

Mais il faut, pour supporter ces températures, que l'air soit bien sec. Dans l'air saturé des bains turcs, on ne peut supporter plus de 53° ; dans l'eau, plus de 45°.

Encore ne peut-on, même dans l'air sec, résister indéfiniment. Lorsque la température d'un mammifère est artificiellement élevée de quelques degrés

(à 42° ou 43°), il périt rapidement par cessation des fonctions du système nerveux.

C'est aussi à des affections cérébrales que succombent le plus souvent les hommes qui sont contraints de séjourner trop longtemps dans un air trop chaud.

Telle est l'influence de la température extérieure sur la consommation des matériaux intrà-organiques qui est nécessaire pour maintenir à un degré fixe la température du corps, et par suite, sur la réparation par voie alimentaire des pertes de l'organisme. C'est par ce mécanisme que la température constante des mammifères peut braver sans varier des chaleurs extérieures de + 50° et des froids de — 70°.

Passons maintenant à l'influence des mouvements, du travail : la question devient ici plus difficile à résoudre.

Origine de la force.

Tout mouvement nécessite une dépense de force. Il s'agit toujours de soulever un poids, ou de vaincre une certaine résistance. Le diaphragme s'abaisse dans l'acte inspiratoire, refoulant devant lui les viscères abdominaux qui lui forment obstacle ; le biceps qui rapproche du bras l'avant-bras étendu, soulève un poids qui peut être très considérable, si la main est chargée ; les muscles de la mâchoire inférieure broient entre les dents des corps très résistants. Où se procurent-ils cette force ?

C'est ici que la comparaison de la *machine animale* avec les machines à feu reparaît utilement. Où la locomotive qui traîne les wagons chargés trouve-t-elle la force nécessaire pour accomplir son énorme travail ?

Dans la force élastique de la vapeur d'eau bouillante. Mais cette eau, qu'est-ce qui l'a chauffée, l'a

fait bouillir et lui a communiqué une puissance qu'elle ne possédait pas? Le feu, ou, pour parler plus exactement, la combustion du charbon de terre sur la grille, son union avec l'oxygène, qui produit de l'acide carbonique et de l'eau.

Or, cette même source de force, elle existe dans l'organisme; là aussi, l'oxydation lente a fourni la chaleur; là aussi cette chaleur peut engendrer de la force mécanique, se transformer en force mécanique.

Les recherches de la physique ont montré que toutes les manifestations de la force, quelles qu'elles soient, qu'on les appelle chaleur, lumière, électricité, magnétisme, force mécanique, ne sont que des modifications d'une seule et même puissance, et qu'on peut à volonté les transformer l'une dans l'autre. Je n'ai pas qualité pour insister sur cette grande vérité, dont la découverte récente a été la source de tant de progrès. Je ne puis faire ici que rappeler le principe, et n'ajouterai qu'un mot, c'est qu'on est parvenu à mesurer, entre la chaleur et la force mécanique, les valeurs équivalentes. Si, d'une hauteur de 425 mètres, on laissait tomber un kilogramme d'eau, la température de cette eau s'éléverait d'un degré en heurtant le sol, c'est-à-dire que la force mécanique dont était animée cette masse d'eau se transformerait en une certaine quantité de chaleur. C'est ce qu'on exprime en disant que 425 *kilogrammètres équivalent à une calorie*.

Toutes ces forces sont ce qu'on appelle des forces *libres*, apparentes, produisant des effets qui tombent sous nos sens. Mais il en est d'autres, dissimulées, invisibles, emmagasinées dans les corps et

nécessaires à leur existence, qui, dans certaines circonstances, lorsqu'interviennent des actes chimiques qui changent la nature de ces corps, deviennent libres et se révèlent à nous. On les nomme ordinairement forces *latentes*, forces *de tension*. Ce sont elles qui se dégagent lorsque l'oxygène du foyer dissocie les atômes du charbon et s'unit à eux pour former de l'acide carbonique. Elles apparaissent alors sous forme de lumière, d'électricité, de chaleur surtout. De même, dans le corps animal, l'oxygène qui s'empare du carbone des molécules complexes qui constituent les liquides et les éléments, dégage de l'électricité, quelquefois de la lumière, et surtout de la chaleur.

Dans la machine à vapeur, cette chaleur du foyer se communique à l'eau; à la température de l'ébullition, elle se transforme en force élastique de vapeur, qui soulève le piston et produit le travail mécanique.

Dans la machine animale, les choses sont bien plus compliquées. A l'état de repos, les oxydations intrà-organiques produisent de la chaleur, et aussi de l'électricité ; celle-ci, ou quelque autre forme voisine de la force, au lieu de se dépenser, s'emmagasine dans les éléments anatomiques musculaires et nerveux. Ceux-ci sont alors comparables à ces instruments qu'on appelle en physique *bouteilles de Leyde;* comme eux, ils recèlent la force à un état où rien ne la révèle; comme eux, à un moment donné, ils se déchargent et la mettent en évidence. Lorsqu'un mouvement se produit, c'est aux dépens de cette réserve qui s'y épuise progressivement, par une transformation nouvelle.

Aussi faut-il alors la renouveler vite ! c'est ce que fait la combustion qui s'active, et augmente d'importance. Et comme l'équilibre de la température est déjà assuré par la combustion normale, cette augmentation s'occupe spécialement à faire face au travail mécanique demandé, et cela, très vraisemblablement, en chargeant les bouteilles de Leyde associées, les *batteries* nervo-musculaires au fur et à mesure qu'elles se déchargent. Mais, il faut le dire, une partie de cette force libre engendrée aux dépens des forces latentes, apparaît toujours sous forme même de chaleur. Tout muscle qui se contracte en travaillant, s'échauffe. De là vient que l'exercice musculaire produisant un excès de chaleur, l'organisme s'en débarasse par une augmentation dans la sueur, et une accélération des mouvements respiratoires.

Voilà donc comment le travail musculaire nécessite une augmentation dans les oxydations organiques, amène une excrétion plus grande d'acide carbonique (et sans doute d'eau), et a pour conséquence une alimentation plus riche, sous peine de déchéance de l'organisme.

Équilibre de l'organisme.

Vous le voyez, un corps vivant possède en quelque sorte un *budget*, avec ses deux parties corrélatives, la recette et la dépense. Son état d'équilibre, c'est, à un certain point de vue, sa température fixe de 37 degrés; à un autre point de vue, c'est son poids constant.

La température est menacée d'abaissement par le froid extérieur, par le travail mécanique; elle se maintient à son niveau par la suractivité imprimée aux actes nutritifs intimes, aux oxydations : d'où rejet

au dehors d'acide carbonique; d'où perte de poids en carbone, d'autant plus considérable que les causes de refroidissement sont plus intenses. Et par suite, sous peine de véritable *faillite organique*, nécessité d'une alimentation dont la richesse doit varier dans le même sens.

Que si la température est menacée d'augmentation par le contact d'un air trop chaud, ou par les conséquences de contractions musculaires excessives, c'est l'évaporation pulmonaire, c'est la sueur avec l'évaporation cutanée, qui combattront cette chaleur, ce redoutable ennemi.

Utilité de la température constante.

Soit, direz-vous; nous comprenons à merveille la nécessité de maintenir au même degré le poids du corps, l'équilibre matériel; mais à quoi bon cette température fixe de 39° dont la conservation rigoureuse entraîne tant de complications? Pourquoi ne pas céder tout simplement aux circonstances, se refroidir quand il fait froid, se réchauffer quand il fait chaud?

Cela n'est pas impossible, et les animaux à sang froid, ou mieux à température variable font comme il vient d'être dit. Mais c'est à une condition : de rester inactifs, de s'engourdir, de s'endormir pendant la saison froide. Ainsi font la marmotte et quelques autres mammifères qui dans ce sommeil hibernal prennent la température de l'air, deviennent insensibles, incapables de se mouvoir; alors, bien loin d'essayer de lutter en accélérant leurs oxydations, ils cessent presque complètement de respirer.

C'est que, et ceci est un fait d'une importance capitale, l'activité des éléments anatomiques est proportionnelle à la température à laquelle ils sont soumis. Le maximum, pour ceux des mammifères, est

précisément de 39 degrés ; mais pour les grenouilles, par exemple, il est d'environ 25 degrés. Plus les éléments vivent, peut-on dire, c'est-à-dire plus leurs échanges nutritifs sont intenses, plus ils s'oxydent, plus ils absorbent, plus ils sont aptes à produire du travail.

Les grenouilles ont sur nous cette supériorité qu'elles cèdent sans résistance aux influences climatériques, et ne redoutent pas un refroidissement qui nous tuerait. L'organisme des mammifères s'indigne de cette docilité qui amène à l'inertie ; il proteste, il lutte, il veut se maintenir à son maximum d'énergie et conserver sa température élevée. Il y parvient, dans l'immense majorité des cas, grâce aux mécanismes que nous avons indiqués. Mais pour cela il faut d'incessants sacrifices, une incessante destruction, appelant une réparation incessante.

Ces sacrifices, cette destruction, cette réparation, c'est la vie. N'allez pas croire qu'il suffirait de nous maintenir dans un air de 39 degrés saturé d'humidité en telle sorte que nous n'ayons plus de pertes de chaleur, par contact, évaporation ou rayonnement, pour tout avoir résolu, et faire reposer complètement nos éléments anatomiques. Non, ce repos, c'est la mort, et ces éléments veulent vivre, et quoique vous fassiez — jusqu'à de certaines limites — ils s'agiteront et s'oxyderont pour vivre.

Le problème de la nutrition ne consiste pas seulement à chercher comment faire face aux déperditions que les circonstances extérieures imposent à notre organisme, mais il consiste encore à mesurer celles que cet organisme s'impose lui-même, et qui sont la condition de sa vie. Vivre, c'est se détruire et se

réparer pour se détruire et se réparer encore. De là ces expressions figurées, mais exactes au fond, de tourbillon vital, de *circulus*, de torrent de la vie, etc. Sous l'apparente constance du poids, de la forme, de la puissance, se dissimule l'incessant renouvellement de la matière et de la force : renouvellement relativement lent et régulier quand aucune menace de déperdition n'intervient, mais qui peut prendre dans le cas contraire une activité singulière.

Destruction des matières azotées.

Ce n'est pas seulement sur le carbone et l'hydrogène des matériaux de notre corps que porte la destruction, base de la vie. Les molécules complexes des substances albuminoïdes contiennent de l'azote; quand l'oxygène leur a enlevé une bonne partie de leur carbone et de leur hydrogène, il s'en fixe une certaine quantité sur les débris moléculaires, et il se forme ainsi des substances connues sous les noms de *créatine*, de *créatinine*, etc. Celles-ci quittent les tissus, sont résorbées, et s'oxydant de plus en plus, finissent par arriver dans le sang à l'état d'*acide urique*, d'*acide hippurique* et surtout d'*urée*, la forme la moins complexe sous laquelle s'élimine l'azote. Encore l'est-elle notablement, puisque sa formule chimique est $C^2H^4A_z^2O^2$. (Voy. fig. 255, 256, 257, 258.)

De l'urée, il s'en forme partout, il y en a partout, surtout dans le foie; et, comme c'est une matière très *cristalloïde*, elle peut s'en aller par toutes les surfaces extérieures, mais c'est par le rein qu'elle s'élimine presque exclusivement.

Cette urée qui sort ainsi du corps provient de deux sources : la destruction des matériaux mêmes des tissus, et celle des aliments azotés qui sont absorbés chaque jour. Les physiologistes n'ont pas encore

su faire bien exactement la part qui revient à l'une ou l'autre de ces origines.

La question présenterait cependant une importance considérable. En effet, la quantité d'urée qui provient des aliments albuminoïdes varie avec leur abondance. Les animaux carnassiers en rendent énormément, et aussi beaucoup d'acide urique. Les Allemands, gorgés de viande, excrètent 30 et 40 grammes d'urée par jour; un Français en rend de 20 à 30 grammes, et cette quantité s'abaisse à 12 ou 15 grammes quand il ne mange que du pain et des légumes.

C'est cette dernière quantité, correspondant environ à 7 ou 8 grammes d'azote, qui peut être prise comme représentant à peu près la perte quotidienne faite par nos tissus, perte qu'il faut réparer chaque jour. Si on ne le fait pas, elle continue, bien qu'allant en diminuant lentement, jusqu'à la mort. Un malheureux qui s'était laissé mourir de faim rendait encore au bout de 20 jours 10 grammes d'urée en 24 heures.

Il est bien certain qu'une nourriture exclusivement végétale, laquelle contient, bien entendu, des matières albuminoïdes (gluten, légumine, etc.), suffit pour réparer la disparition de l'azote due à l'usure organique. La preuve en est dans le genre de vie des mammifères purement herbivores, granivores ou frugivores; la preuve en est, pour l'espèce humaine, dans la bonne santé dont jouissent des populations entières, qui ne mangent jamais de viande; il faut cependant reconnaître qu'elles absorbent, dans des proportions variables, du lait, des œufs, du fromage, matières riches en azote.

Aussi il est vraisemblable que, même chez elles, la quantité d'urée rendue par jour dépasse le minimum que nous venons d'indiquer : cela est certain pour nos populations. Nous pouvons prendre comme moyenne d'excrétion quotidienne en France, 25 grammes d'urée, contenant 12 grammes d'azote. Ajoutons-y 3 grammes pour les pertes d'azote par la peau et d'autres voies, nous arrivons à 15 grammes.

Utilité d'une nourriture mixte.

La viande, qui entre de plus en plus dans l'alimentation publique, n'est vraisemblablement pas un simple objet de luxe. Elle semble d'abord jouer le rôle de condiment, c'est-à-dire exciter l'appétit, faciliter la digestion; elle évite, en outre, l'ingestion d'une quantité trop grande de matières végétales.

En effet, pour se procurer les 15 grammes d'azote qui sont indispensable à notre équilibre, il faudrait manger chaque jour 1350 grammes de pain. Or, cet aliment donnerait 400 grammes de carbone, et nous avons vu d'autre part (voy. p. 268) qu'il ne s'en brûle en moyenne dans notre corps, que 250. Il en faudrait donc brûler un excès de 150 grammes, ce qui augmenterait de plus d'un tiers les efforts respiratoires et le développement de chaleur, et entraînerait des évaporations cutanée et pulmonaire excessives.

Une nourriture purement animale amènerait chez nous des inconvénients d'un autre ordre, et plus graves. Pour nous procurer les 250 grammes de carbone nécessaires, il faudrait ingérer, avons-nous dit au début de cette leçon, $2^{kil},25$ de viande à l'état frais; mais il s'y trouverait alors près de 70 grammes d'azote, dont il faudrait se débarasser. Or, d'un côté, une

partie de cette viande ingérée en excès ne serait pas digérée et fatiguerait inutilement les organes; de l'autre côté, la partie absorbée produirait des désordres plus graves encore. L'expérience montre que, dans l'espèce humaine, les excès d'azote ne sont pas complètement rejetés sous forme d'urée, mais qu'il se forme également un produit moins oxydé, l'acide urique. Or celui-ci, lorsqu'il existe en trop grande quantité, ne s'élimine pas tout entier par le rein mais se dépose en divers points de l'organisme, notamment dans les articulations. Il donne ainsi naissance à des accidents connus sous le nom de *goutte*, qui ne sont que trop connus (fig. 267).

Fig. 267. — Dépôts d'urates dans les gaines tendineuses d'un *goutteux*.

Donc tout nous indique, les résultats de l'expérience comme la considération de notre appareil dentaire et de nos sucs digestifs, que nous sommes organisés en rapport avec une alimentation mixte. En prenant comme base de nos moyennes l'excrétion quotidienne, au repos moyen, de 250 grammes de carbone et de 15 grammes d'azote, nous voyons que nous pouvons combler le déficit en prenant nos deux aliments les plus communs, le pain et la viande, dans la proportion de 800 grammes de pain et 200 grammes de viande.

En effet : 800 grammes de pain contiennent 240 grammes de carbone et 9 grammes d'azote; 200 grammes de viande contiennent 20 grammes de carbone et 6 grammes d'azote. Soient au total : 260 grammes de carbone, et 15 grammes d'azote.

Il va sans dire que cette alimentation devra être augmentée en raison du travail et de la température. Dans les régions froides, vous comprenez l'adjonction des matières grasses, éminemment propres à produire de la chaleur par la combustion de leur carbone et de leur hydrogène. Aussi les Lapons, les Esquimaux, se gorgent de graisses, d'huile de mammifères marins : ils chauffent leur four avec un combustible d'élite.

Mais il ne semble pas, comme on l'a cru très longtemps, que l'exercice musculaire ait pour conséquence une déperdition d'azote notablement plus considérable. C'est par l'oxydation du carbone et de l'hydrogène, et par conséquent des aliments *ternaires* (fécules, sucres), que se fait le dégagement de la force nécessaire.

Budget organique.

Ainsi, en résumé : 1° perte de carbone et perte d'azote portant, chacune, partie sur les tissus vivants eux-mêmes qui se détruisent par leur activité propre, partie sur les aliments introduits pour réparer ces pertes et pour faire face aux dépenses de force nécessitées par le travail et le maintien de la température ; 2° réparation par des aliments, qui peuvent être chez divers types mammifères, et en raison de conditions physiologiques encore mal déterminées, d'origine exclusivement végétale ou animale ; mais qu'il semble y avoir avantage sérieux, dans l'espèce humaine, à mélanger en diverses proportions.

Remarquons du reste que les aliments végétaux contiennent des matières albuminoïdes, et les aliments animaux des matières ternaires, des graisses particulièrement, avec quelque peu de fécule et de glycose.

Remarquons en outre que c'est un mélange assez riche en matières albuminoïdes qui, pendant la

phase d'accroissement, constitue la nourriture de tous les jeunes animaux. Je vous ai déjà indiqué (voy. p. 252) la composition chimique du lait, dont se nourrissent les mammifères. L'œuf des oiseaux présente une composition chimique analogue; mais il contient beaucoup moins d'eau, et une proportion plus grande de matières azotées. (Eau 700; graisse 130; albumine 150.)

Condiments. Ajoutons, pour en finir avec l'alimentation, qu'il existe toute une classe de substances qui sans être de véritables aliments, jouent un rôle assez important dans la nourriture des hommes. Ce sont les *condiments* (liqueurs alcooliques, sel, poivre, etc.), qui favorisent sur place la sécrétion des sucs digestifs et par suite la digestion, et les excitants généraux (alcool et liqueurs fermentées, thé, café, etc.), qui semblent donner une activité plus accentuée à tous les phénomènes qui se passent dans l'organisme. Ces substances traversent le corps sans y être altérées, et s'en vont par la peau, les poumons, les reins; mais elles n'en sont pas moins, à faibles doses, d'une véritable utilité dans les conditions de la vie artificielle que créent les civilisations. Je ne puis m'empêcher de vous dire qu'il faut ranger le bouillon dans cette catégorie; si l'on maintient à l'inanition absolue deux chiens, l'un buvant de l'eau à discrétion, l'autre du bouillon froid et dégraissé, c'est ce dernier qui meurt de faim le premier : bien loin de l'alimenter, le bouillon, en l'excitant, paraît l'avoir usé plus vite. Ce qui n'empêche pas un bon bouillon d'être un excellent réconfort, comme un verre de vin ou une tasse de café.

La nutrition ne consiste pas seulement dans ces

deux faits, d'une part, l'entrée des matériaux assimilables dans le sang, de l'autre, la destruction des tissus et des aliments et le rejet au dehors des déchets organiques. Entre deux se passent les faits les plus complexes, qui ont pour conséquence d'incorporer aux divers éléments anatomiques les substances contenues dans le sang, et de donner naissance à ces substances chimiques extrêmement variées qui les constituent. On a dit avec raison qu'on n'est pas plus renseigné sur ces actes après avoir examiné la digestion et les excrétions, qu'on ne peut savoir ce qui se passe dans une maison pour avoir vu ce qui entre par la porte et ce qui sort par la cheminée.

Individualité des éléments anatomiques.

Il faut vous figurer chacun des éléments anatomiques comme travaillant pour son propre compte, prenant dans le sang qui passe à son contact les substances dont il peut avoir besoin, se les incorporant, les transformant de manière à les rendre chimiquement semblables à lui, et se débarassant, pour le rendre au sang veineux ou à la lymphe qui les emportent au dehors, de ce qui s'est oxydé en lui et ne peut que lui nuire. Ainsi la fibre musculaire fabrique la *myosine*, la cellule nerveuse la *neurine*, la cellule de cartilage la *chondrine*, la cellule osseuse l'*osséine*, etc.

Mais parmi tout ces citoyens microscopiques de la république vivante, il en est qui ne travaillent pas dans des vues aussi personnelles, aussi égoïstes. Ceux-là fabriquent des substances qui devront être utilisées par l'association tout entière.

Glycogénie hépatique.

Le type de ces éléments à utilité générale est la cellule du foie. Celle-ci en effet, non seulement vit comme les autres cellules, mais encore fabrique un produit qui est un véritable amidon animal. Elle le

fait aux dépens des éléments que lui amène de l'intestin la veine porte, alors même qu'ils ne contiennent pas de sucre. Au fur et à mesure de cette production d'amidon, le sang qui imprègne la glande et la traverse apporte un ferment analogue à celui que contient la salive, et qui, comme lui, transforme en glycose l'amidon déposé dans la cellule; si bien qu'il ne reste jamais dans le foie grande provision de cet amidon qu'on appelle le *glycogène hépatique*. Ce sucre, entraîné par le sang, pénètre dans le cœur droit et se répand dans tout le corps, où il se détruit à mesure qu'il arrive, si bien que le sang n'en contient jamais plus de 2 millièmes.

La production de glycogène n'a lieu chez l'adulte que dans le foie; mais dans le tout jeune âge tous les tissus en voie de formation en contiennent.

Aux dépens de quels matériaux peut se former l'amidon, matière ternaire? L'expérience a montré qu'il peut provenir non seulement de la glycose dont il est si proche parent, mais de matières grasses, ternaires également, et de matières albuminoïdes qui abandonnent pour cela leur azote.

D'un autre côté, des abeilles nourries exclusivement avec du miel, matière sucrée, ont continué à former de la cire, matière grasse.

Enfin, des œufs de mouche déposés sur de la viande dépouillée de sucre et de graisse, se développent en larves, qui contiennent du glycogène et des graisses produits évidemment aux dépends de la matière albuminoïde.

Modifications chimiques dans l'organisme.

Ainsi peuvent être opérées dans l'organisme des modifications chimiques considérables, puisque des matières féculentes peuvent s'y changer en matières

grasses, et des matières quaternaires en matières ternaires.

Mais on n'a jamais vu une matière ternaire y ajouter l'azote à son carbone, son hydrogène et son oxygène; jamais non plus ces dernières molécules, empruntées à des combinaisons plus simples, comme les carbonates, les carbures d'hydrogène, etc., se grouper pour former des graisses ou des fécules. L'organisme animal transforme les unes dans les autres ces trois classes de matières organiques, mais ne fabrique directement ni l'une ni l'autre.

Formation de la matière organique par les plantes vertes.

Cette fabrication primitive est le fait des plantes pourvues de matière verte, de *chlorophylle* (χλωρὸς, *chloros*, vert; φύλλον, *phyllon*, feuille); qui, sous l'influence des rayons solaires, combinent par voie de synthèse le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote de l'acide carbonique, de l'eau, des azotates. Ce sont donc les végétaux qui forment les matières alimentaires : les animaux ne font que les modifier pour se les assimiler, les transformer de mille manières, puis enfin les ramener à des combinaisons aussi simples que celles d'où ils provenaient d'abord.

Toutes ces modifications dans le groupement des molécules primitives est dû au jeu de forces qui toutes tirent leur origine du soleil. C'est la chaleur-lumière du soleil qui, s'emmagasinant dans le végétal, y maintient accolées l'un à l'autre les atomes élémentaires pour en faire la molécule complexe qui servira d'aliment à l'animal. C'est elle qui, dégagée de ses liens par l'intervention de l'oxygène comburant, apparaît libre et donne naissance dans le corps animal a l'électricité, à la lumière, à la chaleur, à la tension dynamique

intra-cellulaire, et finalement à la force mécanique.

Ainsi toute force animale vient du soleil, et la partie dynamique comme la partie matérielle de la vie animale ne peuvent être entretenues que par l'incessante activité du végétal, fabriquant, avec les rayons du soleil, la matière alimentaire toute imprégnée de forces cachées.

NEUVIÈME LEÇON

Le Mouvement.

Les mouvements sont produits, nous l'avons vu, par le jeu d'éléments anatomiques réunis pour former des *muscles*, qui, sous l'influence d'excitants divers sont susceptibles de se raccourcir, de se contracter. Dans la grande majorité des cas, les deux extrémités d'un muscle aboutissent à un os, s'insèrent sur un os, si bien que, lors de la contraction, les deux points d'insertion tendent à se rapprocher, les deux os jouant l'un sur l'autre au moyen d'une *articulation*. C'est ainsi que s'opèrent les mouvements du tronc, de la tête, des membres.

LES ARTICULATIONS.

Diverses sortes d'articulations.

Le mouvement exécuté dépend, bien évidemment, et de la direction du muscle, et de la forme de l'articulation. Or, celle-ci est très variable; depuis l'immobilité presque absolue, comme pour les os qui composent le poignet et le cou-de-pied (carpe et tarse), jusqu'à la mobilité extrême du bras sur l'épaule (humérus sur omoplate), on trouve toutes les transitions. Cependant on peut, pour fixer un peu les idées, ranger les articulations en quatre classes :

1° Celles qui sont à peu près complètement immobiles, comme les articulations du crâne, celle du bassin avec l'os sacré, etc.;

2° Celles où le mouvement ne peut être qu'un glissement plus ou moins étendu des os en contact l'un sur l'autre : telles sont les articulations du tarse, du carpe, des vertèbres, de la clavicule avec le sternum et l'omoplate, du péroné avec le tibia, etc.;

3° Celles qui permettent des mouvements angulaires : avant-bras sur bras, poignet sur avant-bras, phalanges, jambe sur cuisse, pied sur jambe, mâchoire inférieure, etc.;

4° Celles qui permettent des mouvements beaucoup plus étendus de torsion ou de rotation : poignet, cuisse sur bassin, tête sur colonne vertébrale, et surtout bras sur épaule.

La forme des têtes osseuses en contact, et par suite celle de la cavité articulaire, le nombre, la force, la direction des ligaments qui servent à réunir les os, varient nécessairement pour chaque articulation. Ce sont là des détails que le médecin doit connaître, pour ce qui a rapport à l'espèce humaine ; mais leur étude nous entraînerait très loin, et vous intéresserait peu. Je ne veux vous parler, à titre d'exemple, que de quelques articulations curieuses à divers points de vue particuliers.

Articulations de la cuisse.

L'articulation du fémur avec l'os iliaque, l'articulation coxo-fémorale, est peut-être de toutes la plus solide, non seulement à cause de la force des os en contact et de l'épaisseur des parties molles qui la protègent, mais par la forme même de l'articulation. Le fémur se coude brusquement près de son sommet, et laissant une saillie angulaire qu'on sent sous la

peau, saillie nommée le grand *trochanter* (τροχαντὴρ, *trochanter*, qui tourne), il se rétrécit en un *col* pour se renfler ensuite en une *tête* à peu près sphérique. Cette tête est reçue presque entièrement (fig. 268) dans une cavité de l'iliaque dite *cotyloïde* (κοτύλη, *cotylè*,

Fig. 268. — Articulation du fémur F avec l'os de la hanche C. Coupe schématique montrant les cartilages articulaires et le ligament inter-articulaires.

Fig. 269. — Articulation coxo-fémorale. Le fémur a été éloigné de la cavité cotyloïde pour montrer le ligament inter-articulaire.

cavité); un bourrelet garni d'une membrane maintient la tête en place, et ferme l'articulation; enfin, au fond de celle-ci, un ligament solide y attache le sommet de la tête fémorale (fig. 269), si bien que si celle-ci était arrachée de sa capsule, elle pourrait encore être maintenue par le ligament, qui permettrait de la ramener plus aisément en place, et c'est ce qui arrive dans certaines luxations.

Toutes ces précautions sont bien en rapport avec le rôle considérable de cette articulation, qui doit porter le poids du corps, et dont le fonctionnement est indispensable. Aussi les luxations en sont-elles assez rares. Et même, dans les chocs brusques, dans les chutes, il arrive souvent, surtout chez les vieillards où l'os devient plus fragile, que le col du fémur se

casse, et que l'articulation reste intacte (fig. 270).

Chez les enfants et les adolescents il n'est pas rare que l'articulation coxo-fémorale, s'enflamme, et que la tête du fémur tende à sortir de sa cavité. C'est là la *coxalgie*, dont vous entendrez bien souvent parler (voy. fig. 112, p. 109), et que peut seule guérir, vous le comprenez bien, l'immobilité absolue de l'articulation.

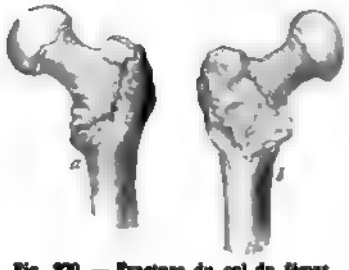


Fig. 270. — Fracture du col du fémur *a*, fémur vu en avant; *b*, id. vu par derrière.

Articulation du genou.

L'articulation du genou présente un intérêt spécial par plusieurs détails de son organisation, et surtout par la présence d'un

Fig. 271. — Articulation du genou, vue de face, montrant les ligaments articulaires et la rotule.

Fig. 272. — Coupe antéro-postérieure de l'articulation du genou montrant la rotule dans le tendon du triceps fémoral.

os singulier, la *rotule*, qui la ferme en avant (fig. 271). La rotule est développée dans le tendon de l'énorme

muscle antérieur de la cuisse, le *triceps fémoral*, qui se termine à la partie supérieure du tibia. Sa face postérieure fait partie de l'articulation *tibio-fémorale* (fig. 272). Elle joue un rôle analogue à celui des poulies sur lesquelles glisse une corde tendue, et évite le frottement du tendon contre les os. Le triceps est tellement puissant que parfois, lorsqu'il se contracte avec trop d'énergie, comme il arrive dans certaines chutes, il casse en deux et transversalement la rotule, dont un morceau reste fixé au tibia, tandis que l'autre est entraîné par le muscle (fig. 273). Vous comprenez combien les incessantes agitations des contractions involontaires rendent difficile la réunion des deux fragments, et par suite la guérison de la fracture.

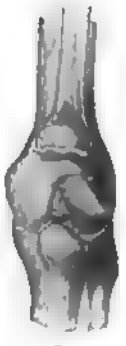


Fig. 273. — Fracture transversale de la rotule, avec écartement considérable des fragments.

Articulation du poignet.

Mais les plus curieuses des articulations sont sans doute celles qui permettent chez l'homme, les singes et quelques autres mammifères, les mouvements de rotation du poignet. Ces mouvements sont dits de *pronation* quand, l'avant-bras étant horizontal, la paume de la main est tournée en bas, et de *supination*, quand elle regarde en haut. Comme j'ai l'intention de vous faire avec quelques détails l'histoire des mouvements de la main, je dois ici m'arrêter quelque peu.

Les mouvements de flexion et d'extension de l'avant-bras sur le bras sont exclusivement opérés par le cubitus se mouvant sur l'humérus ; l'autre os, le radius, n'y prend aucune part. En revanche, du côté du poignet, le radius seul s'articule aux os du carpe

et c'est sur lui que la main se meut dans sa flexion et son extension totales (fig. 274) : le cubitus se termine là presque en pointe. Mais par le mouvement de rotation, voici ce qui se passe : la main fait corps avec l'extrémité inférieure du radius, et celui-ci tourne autour du cubitus pris pour axe. La tête supérieure

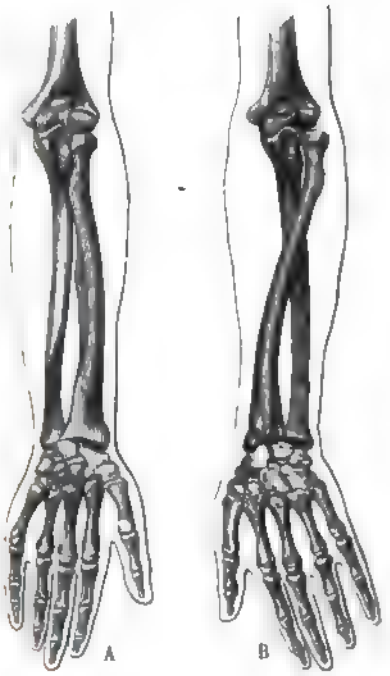


Fig. 274. — Mouvements du poignet : A, supination ; B, pronation.

du radius, petite et ronde, pivote sur elle-même, sans changer de place ; mais la tête inférieure bascule en tournant, et entraîne la main (fig. 274, B). Nous verrons plus tard quels sont les muscles chargés de ce soin.

Mais n'oubliez pas que cette description ne s'applique qu'à l'espèce humaine, et aussi aux singes dont la main tourne presque aussi facilement que la

nôtre. Chez les vrais quadrupèdes, qui ne se servent du membre antérieur que pour marcher à terre, il n'y a plus de mouvement de torsion du poignet sur l'avant-bras. — Chez certains animaux grimpeurs, comme le chat, l'écureuil, il existe des dispositions intermédiaires qui leur permettent de s'accrocher aux arbres avec une main un peu plus mobile.

Chaque articulation présente ainsi une histoire distincte, pleine de faits intéressants au point de vue de la mécanique animale. Mais il doit me suffire de vous avoir bien fait comprendre par quelques exemples la complexité et l'importance réelle de ces détails, dont l'énumération serait impossible ici.

LES MUSCLES.

La variété des muscles est bien autrement grande que celle des os et des articulations. L'étude de la *myologie*, comme on l'appelle, emploie la plus grande partie du temps que les jeunes médecins consacrent à l'anatomie. Et, alors même qu'ils savent bien l'anatomie humaine, ils sont déroutés quand ils examinent les muscles d'un mouton ou de quelque autre mammifère quadrupède, tant les différences leur semblent grandes avec ce qu'ils connaissent. Et cependant, il y a des traits généraux qui subsistent et se peuvent reconnaître partout. J'espère vous le montrer, si vous voulez me suivre avec quelque attention.

Muscles de la colonne vertébrale.

Prenons d'abord la colonne vertébrale, avec la tête qui la termine. Les diverses pièces ou vertèbres qui, bien que mobiles si on les considère une à

une, peuvent cependant exécuter dans l'ensemble des mouvements généraux assez étendus, sont mises en action par des muscles qu'on peut diviser en :

Muscles *courts*, qui vont d'une vertèbre à une vertèbre voisine, et muscles *longs*, qui vont d'une vertèbre à une autre plus ou moins éloignée.

Au point de vue des mouvements, nous les classerons en :

Muscles *droits*, qui sont parallèles à l'axe de la colonne, et peuvent ainsi la courber en haut, en bas (chez l'homme en avant, en arrière) ou latéralement : ils vont d'un point d'une vertèbre au point correspondant d'une autre vertèbre ; — et en

Fig 275. — Masse des muscles sacro-lombaires s'attachant en haut aux côtes, aux apophyses transverses, et aux apophyses épineuses.

Muscles *obliques*, qui, s'insérant d'un point d'une vertèbre à un autre point d'une autre vertèbre, amènent nécessairement une *torsion* de la colonne.

Il y a des muscles courts droits et d'autres obliques, des muscles longs droits et des muscles longs obliques.

Les muscles longs s'insèrent presque tous en une masse commune, très forte, à l'endroit où le bassin s'unit à la colonne vertébrale. Il y a là une masse charnue, désignée vulgairement sous le nom de *reins*, et que les anatomistes appellent les muscles *sacro-lombaires* (fig. 275), parce qu'ils

recouvrent la région lombaire et la région sacrée de la colonne. De là, leurs multiples tendons s'allongent comme les cordes d'un mât, et vont s'attacher en arrière sur les vertèbres caudales, et jusqu'au bout de la queue, en avant, sur les côtes et les apophyses épineuses et transverses des vertèbres, jusqu'à la naissance du cou. Ici d'autres muscles, presque aussi vigoureux, et plus compliqués dans leur nombre et leurs directions, partent des vertèbres pour aller soutenir et mouvoir la tête, à la partie occipitale de laquelle ils s'attachent.

Dans les quadrupèdes à tête lourde, un fort liga-

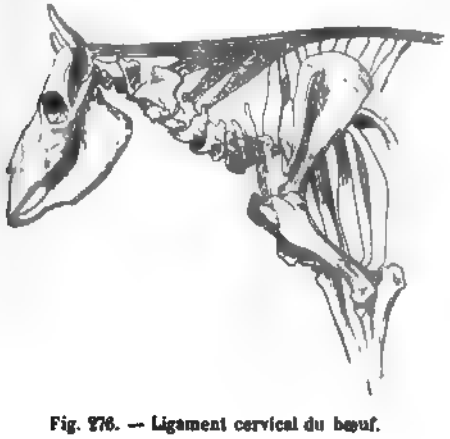


Fig. 276. — Ligament cervical du bœuf.

ment très élastique va des apophyses épineuses du cou et du dos au sommet de l'occiput (fig. 276), et soutient la tête, dont le poids fatiguerait trop les muscles, qui ne peuvent rester en contraction permanente. C'est de ce ligament qu'est fait ce qu'on appelle *le nerf de bœuf*.

Dans l'espèce humaine, la station verticale nécessite l'action incessante d'une quantité énorme de

muscles : car cette série de vertèbres empilées tend sans cesse à tomber de côté, et tomberait si, aussitôt qu'elle penche un muscle disposé en sens inverse ne se contractait pour la retenir. De là le grand développement de la masse sacro-lombaire qui s'appuie, du reste, sur un bassin disposé horizontalement et présentant une base bien plus large que chez les quadrupèdes.

Les organes thoraciques et abdominaux sont contenus, sous la colonne vertébrale du quadrupède, dans une vaste poche formée de fibres musculaires entrecroisées. Vous savez déjà que cette poche est divisée en deux par une cloison également musculaire, le diaphragme, qui sépare l'abdomen d'avec le thorax. Les parois de celui-ci sont soutenues par une cage osseuse, sternum et côtes, développée dans l'épaisseur de la poche musculaire, et dont nous avons appris à connaître le rôle dans l'acte respiratoire. Nous allons voir qu'elle en joue un très important dans la locomotion.

Muscles des membres chez les quadrupèdes.

Le corps est, chez les animaux quadrupèdes, soutenu sur quatre colonnes ; mais ces colonnes sont loin d'être rigides, puisqu'elles sont composées de tiges brisées qui, si on les abandonnait à elles-mêmes, s'écraseraient sous le poids, et se replieraient en zigzag : Ce sont les muscles qui les soutiennent, en les tendant, en les redressant les unes sur les autres. Examinons ceci d'un peu plus près.

Considérons le membre postérieur d'abord : prenons comme type un animal qui, ainsi que cela arrive à des degrés divers chez presque tous les quadrupèdes, ne touche le sol que par les phalanges des orteils. Il faut d'abord bien évidemment empêcher

les orteils de se replier en avant du métatarsien comme cela ne manquerait pas d'arriver, si on laissait les parties abandonnées aux lois de la pesanteur. C'est ce qui arrive par le jeu des muscles fléchisseurs des phalanges (fig. 277, *a*). Puis, il faut empêcher la jambe de s'affaisser sur le pied, ce qu'elle ferait,

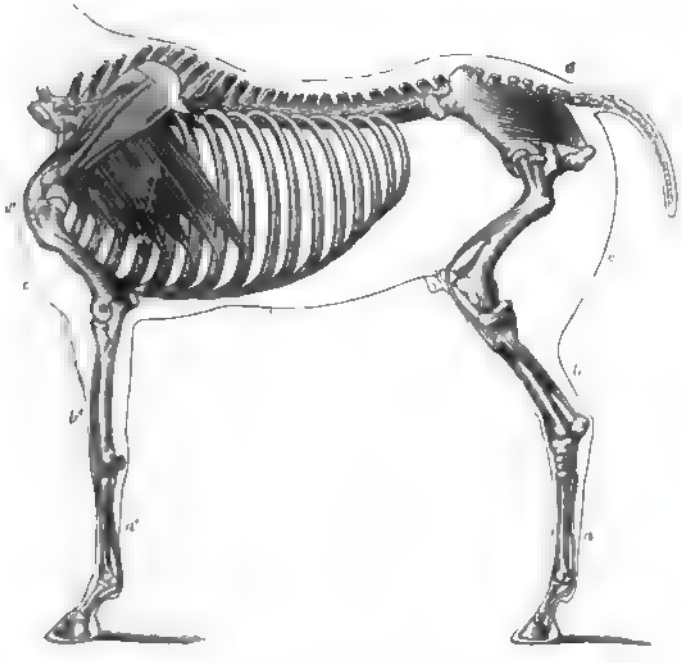


Fig. 277. — Figure schématique montrant les muscles qui redressent le membre postérieur (*a*,*b*,*c*,*d*), et le membre antérieur (*a'*,*b'*,*c'*,*d'*) chez le cheval ; et celui (*A*), qui soutient le tronc.

si elle était inerte. Pour cela un gros muscle, un des plus forts de l'organisme, qui dans l'espèce humaine forme ce qu'on appelle le *mollet* (*b*), part du haut du tibia, et va s'insérer au talon, à l'os nommé *calcanéum*, par un gros tendon qu'on appelle, par un souvenir mythologique, le *tendon d'Achille*. Il est clair que la contraction de ce muscle a pour effet, si le pied

est fixé au sol, de redresser la jambe dans une position qui se rapproche plus ou moins de la verticale. Celle-ci fixée, un autre muscle, plus fort encore, et que nous connaissons déjà, le *triceps fémoral* (*c*), va de la partie supérieure du fémur à la tête du tibia, et bien évidemment allonge, redresse, la jambe sur la cuisse. Celle-ci, à son tour, est maintenue sur l'os iliaque par une énorme masse charnue qui en descend et va s'attacher aux crêtes et saillies osseuses de l'extrémité supérieure du fémur (*d*). Enfin l'os iliaque ne fait pour ainsi dire qu'un avec le sacrum, cette partie de la colonne vertébrale où les vertèbres sont toujours soudées et qui est entre les lombes et la queue; il y a bien une articulation, mais elle reste immobile, et le sacrum est de telle forme qu'il s'enfonce entre les deux iliaques comme un coin ou mieux comme une clef de voûte, ce qui assure la solidité de la sustentation.

Passons au membre antérieur du quadrupède. Les métacarpiens seront là aussi soutenus par les extenseurs des doigts (*a'*). Mais l'avant-bras tendra à tomber non en avant comme la jambe, mais en arrière. Ce seront donc des muscles situés en avant, et dénommés les *radiaux*, qui allant des métacarpiens aux os de l'avant-bras, ramènent ceux-ci en avant (*b'*). L'extension du bras sur l'avant-bras ainsi fixé, se fera par un muscle nommé *triceps brachial*, qui va de la saillie du cubitus ou *olécrâne* (ὠλένη, *oléné*, *coude*, κάρηνον, *carènon*, tête) à la partie supérieure de l'humérus (*c'*). Enfin, l'omoplate est redressée sur l'humérus par un muscle court et épais, le *sus-épineux*, ainsi nommé parce qu'il est logé au-dessus de l'épine de l'omoplate (*d'*).

Mais l'omoplate n'est point fixe, comme le bassin ; elle glisse sur les côtés du thorax, et le corps tomberait entre les deux pattes de devant (n'oubliez pas que nous parlons d'un mammifère quadrupède) sans une forte et large sangle musculaire qui s'attache aux côtes par en bas, à l'omoplate par en haut, et qui soutient tout le poids du corps au moment où celui-ci tend à s'affaisser entre les deux membres antérieurs. On dirait, comme le montre la figure, d'un hamac soutenu par des piquets latéraux. Ce muscle est appelé le *grand dentelé* (fig. 277, A).

Enfin les mouvements généraux du membre antérieur, en avant comme en arrière, sont assurés par des muscles qui partent de la colonne vertébrale pour aller à l'omoplate et à l'humérus : les principaux se nomment le *trapèze* et le *grand dorsal*.

Muscles des membres chez l'homme.

Dans l'espèce humaine, la station sur les membres postérieurs seuls modifie la disposition des muscles dont nous venons de parler.

Au membre postérieur d'abord, il n'y a pas à s'occuper du pied, qui repose entièrement à plat sur le sol. Puis, les parties osseuses, tibia et fémur, devant être maintenues non point plus ou moins inclinées comme chez les quadrupèdes, mais presque exactement superposées dans la verticale, les trois masses de muscles extenseurs dont je vous ai indiqué le rôle doivent présenter une puissance relative beaucoup plus grande que chez les quadrupèdes, et c'est ce qui a lieu en effet (fig. 278).

Ajoutons que chez l'homme, comme chez les quadrupèdes du reste, il existe entre les divers articles du membre postérieur des muscles qui assurent les mouvements multiples de flexion, de rotation, d'écar-

tement, de rapprochement, etc., d'où une complication dans le détail de laquelle il me serait impossible d'entrer devant vous.

Fig. 278. — Muscles de la station au membre inférieur de l'homme.

Au membre antérieur, la différence est bien plus grande, puisqu'il ne sert plus du tout à la suspension du corps, à la locomotion. Les mêmes muscles existent, mais leur forme, et par suite leur rôle, sont bien différents.

C'est ainsi qu'on retrouve bien la sangle musculaire, mais le *grand dentelé* (qui doit son nom à ce qu'il s'insère comme par dentations à plusieurs côtes) (fig. 279) sert ici à abaisser l'épaule, puisqu'il s'insère, en bas aux côtes, point fixe, en haut au bord supérieur de l'omoplate.

L'omoplate et l'humérus sont reliés en arrière à la colonne vertébrale par deux larges muscles dont l'un, le *trapèze*, commence à partir de la tête jusqu'au milieu du dos pour se terminer à l'omoplate (fig. 280, *a*), tandis que l'autre, dit *grand dorsal*, remontant un peu plus haut qu'où finit le trapèze, et allant jusqu'aux lombes, rassemble ses fibres comme les branches d'un éventail en un court tendon qui s'insère à l'humérus (fig. 280, *b*). On dirait, en voyant ces deux muscles, d'un fichu jeté par-dessus un châle porté à la traine. Le trapèze, vous le voyez, tire l'épaule en haut et en arrière, le grand dorsal amène le bras en bas et en arrière, et, suivant les fibres qui se contrac-

tent, des effets différents sont produits. Voilà pour les mouvements d'ensemble de notre membre supérieur.

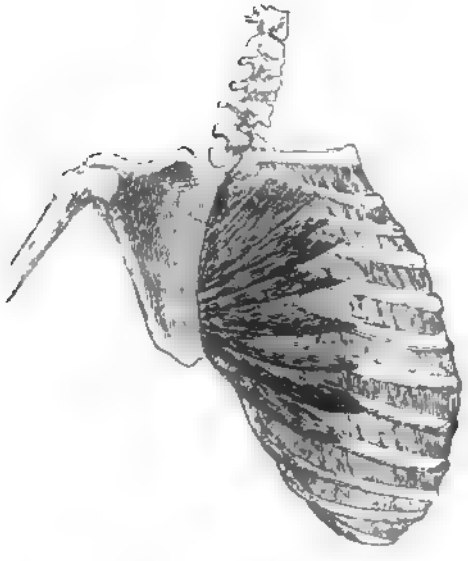


Fig. 279. — Grand dentelé.

Un muscle, très faible chez les quadrupèdes, dont les pattes antérieures restent parallèles l'une à l'autre, se développe beaucoup chez l'homme. C'est le *grand pectoral*, qui, parti du sternum et s'attachant à l'humérus près de la tête articulaire (fig. 281), attire cet os en avant. C'est le muscle robuste qui forme la paroi antérieure de la poitrine, muscle cher aux statuaires, et dont ont tant abusé les Hercule et les Jupiter, voire même les Junon et les Diane, de l'école classique.

Les deux pectoraux, celui de droite et celui de gauche, attirant en avant les deux humérus, feraient basculer les deux épaules en les rapprochant indéfiniment l'une de l'autre, sans un os horizontal et

transversal, la *clavicule*, qui se buttant par un bout

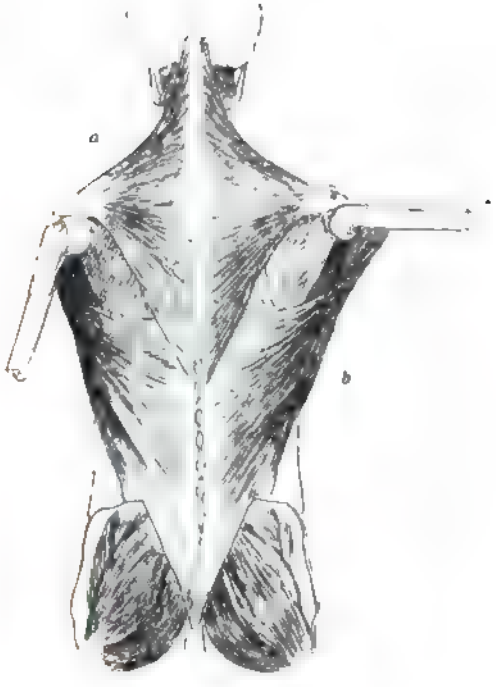


Fig. 280. — Trapèze *a*, et long dorsal *b*.

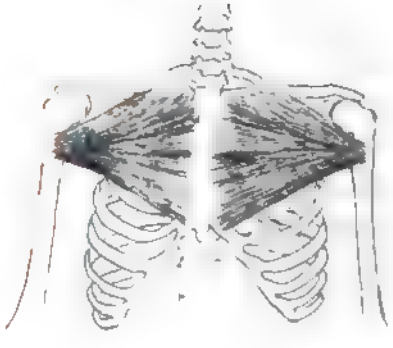


Fig 281. – Grand pectoral.

au sternum, par l'autre à l'omoplate, les maintient à une distance constante l'une de l'autre.

La présence de la clavicule est la condition de l'acte

l'embrasser, dans le sens exact du mot, de prendre avec les bras, et elle n'existe, en outre de l'homme, que chez les animaux qui se servent de leurs pattes antérieures pour un acte analogue, les singes et certains rongeurs, comme les écureuils. — Les chats en ont une très petite, et elle manque complètement chez les mammifères coureurs.

Un gros et court muscle, le *deltoïde*, qui part de l'omoplate et va s'insérer à l'humérus — c'est lui qui forme la saillie arrondie de l'épaule, — élève le bras en l'écartant du corps (fig. 282). D'autres muscles vont encore de l'omoplate à l'humérus et font tourner le bras en tous sens, lui permettant même, en combinant leur action avec les muscles de l'épaule, de décrire un cône très évasé, grâce à la cavité peu profonde par laquelle ces deux os s'articulent.

Fig. 282. — Deltoïde.

Les mouvements de l'avant-bras sur le bras sont la *flexion* qui rapproche ces deux parties, et l'*extension* qui les éloigne jusqu'à les mettre en ligne droite. La flexion est principalement produite par le muscle *biceps* (*bis*, *caput*, qui a deux têtes), ainsi nommé parce qu'il a deux origines musculaires, parties l'une de l'omoplate, l'autre de l'humérus, et qui se rejoignent en une masse charnue d'où part un tendon qui s'attache au cubitus (fig. 283) : c'est lui qui, en se contractant, forme cette sorte de boule qu'on sent durcir et remonter à la partie antérieure du bras. Il a comme antagoniste, en arrière, le muscle extenseur, le *triceps*, dont les trois têtes partent, la médiane de l'omoplate, les deux latérales de l'humérus, et qui

va à l'olécrâne (fig. 284), comme vous le savez déjà.

Restent les muscles qui font mouvoir les mains et les doigts; nous les étudierons tout à l'heure avec quelques détails.

Fig. 283. — Biceps brachial.

Fig. 284. — Triceps brachial.

Telle est, esquissée à grands traits, la distribution générale des masses musculaires dans l'organisme. Mais n'allez pas croire après cela que vous connaissez la myologie ! Rien de plus complexe, de plus difficile à bien saisir dans les détails que la distribution, les rapports et le jeu des muscles : ceux du cou, à eux seuls, nous demanderaient toute une leçon. Mais à trop fouiller ce sujet nous dépasserions notre but, car nous devons ici nous en tenir à des lignes générales, puisque nous faisons non seulement l'anatomie de l'homme, mais celle des mammifères, où tant de changements de détail se voient d'un type à l'autre. Cependant, je crois utile d'étudier avec vous, à titre

d'exemple, trois dipositions musculaires qu'il est intéressant, pour diverses raisons, de connaître un peu par le menu : je veux dire, les muscles qui meuvent la mâchoire inférieure, ceux de la main, et ceux du visage, dont le jeu détermine les effets de la physionomie.

Muscles moteurs de la mâchoire inférieure.

La mâchoire inférieure, dont je vous ai décrit l'articulation (V. p. 131), qui varie suivant les types de mammifères, se meut principalement dans le sens vertical, accessoirement dans le sens transversal et dans le sens antéro-postérieur : ces deux derniers ordres de mouvements étant chez nous très peu marqués.

Supposons les mâchoires fermées et les dents au contact. L'abaissement de la mâchoire inférieure se produira d'abord en vertu de son propre poids, lorsque les muscles élévateurs se relâcheront; en second lieu, par la contraction d'un muscle qui va de la mâchoire au sternum, avec points d'appui et d'arrêt intermédiaire à l'os qui soutient la langue, l'os *hyoïde*, et au larynx.

L'élévation est produite par deux muscles. L'un, le *temporal*, prend son appui au crâne, sur l'os du même nom, et ses fibres radiées se rassemblent sur une saillie spéciale du maxillaire inférieur (fig. 285); on le sent, on le voit se durcir sur les tempes pendant la mastication. Le second muscle, ou *masséter* (μασσητήρ, *massètèr*, qui mâche), vient de l'arc osseux qui se voit sur le côté de la tête, et ses fibres parallèles descendent sur le corps même de l'os de la mâchoire (fig. 286). La puissance de ces muscles est comme toujours, en rapport avec leur grosseur. Aussi chez les animaux qui serrent fortement les mâchoires, comme les carnassiers et surtout les chats, les hyènes,

ils sont très larges et très épais. D'où deux conséquences intéressantes : d'abord, l'insertion à la région temporale est très étendue et va jusqu'à une crête qui domine le crâne; en second lieu, l'arcade sous la-

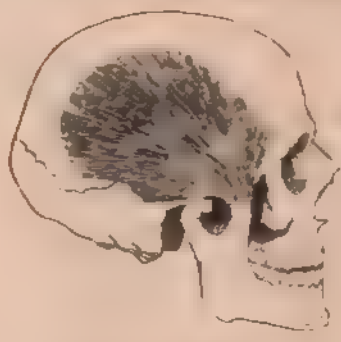


Fig. 285. — Temporal.

Fig. 286. — Masséter

quelle passe le muscle temporal, l'arcade zygomatique (ζυγός, *zygos*, joug) s'écarte considérablement de la tête. (V. les fig. 145 à 147, pag. 132.)

Fig. 287. — Mâchoire inférieure vue en arrière et en-dessous et montrant les ptérygoïdiens interne (à droite), externe (à gauche).

Chez les rongeurs, les insertions supérieures du muscle masséter s'avancent plus du côté du nez que l'inférieure ; il en résulte que, pendant la contrac-

tion, la mâchoire inférieure est simultanément élevée et portée en avant.

Restent les mouvements transversaux. Ils sont produits par deux muscles allant du crâne à la mâchoire et s'attachant à la face interne de celle-ci (fig. 287). On les nomme *ptérygoïdiens*, de la saillie osseuse (*pteryx*, aile; *eido*, je ressemble) par laquelle ils prennent sur le crâne un point fixe d'appui. Bien évidemment, tandis que les muscles élévateurs se contractent simultanément à droite comme à gauche, il faut, pour obtenir le mouvement latéral, qu'il y ait alternative d'action entre les muscles de chacun des côtés.

Muscles de la main.

Arrivons à la main, bien autrement compliquée, mais bien autrement intéressante.

Je réduirai, pour plus de simplicité, l'étude des mouvements de la main à celle des mouvements des phalanges, des doigts, de flexion et d'extension de la main tout entière dans son articulation avec le radius, sans m'occuper de la pronation et de la supination (fig. 274).

Les os du carpe jouent très peu les uns sur les autres, et leurs articulations sont presque fixes. Il en est de même des os du métacarpe, sauf celui du pouce, qui peut décrire une sorte d'arc et détermine *l'opposition* du pouce aux autres doigts, opposition qui caractérise la véritable main.

Les os des phalanges ne peuvent que se fléchir à angle droit l'un sur l'autre, et de là se redresser jusqu'à la ligne droite. Mais l'articulation de la première phalange avec le métacarpien jouit en outre d'une certaine mobilité dans le sens transversal.

Ceci posé, voyons quels sont les muscles qui font mouvoir ces diverses parties.

Considérons en premier lieu les muscles *fléchisseurs*, ceux qui sont du côté de la paume de la main.

Il y a d'abord, pour chacune des phalanges terminales, un muscle spécial, dont le tendon est très long : c'est le *fléchisseur de la phalangette* (fig. 288).

Les cinq tendons proviennent d'une masse muscu-

Fig. 288. — Fléchisseur de la phalangette.

Fig. 289. — Fléchisseur de la phalangine.

laire commune, qui s'attache en haut à la face antérieure du cubitus et du radius. Cette masse se divise dès son origine pour fournir le tendon du pouce qui jouit ainsi de la plus entière indépendance ; puis le tendon de l'index se détache à son tour vers le milieu de l'avant-bras et les trois derniers doigts n'ont pen-

dant quelque temps qu'un seul tendon qui ne se divise qu'au niveau du poignet : encore des brides fibreuses réunissent-elles les tendons de ces trois derniers doigts, ce qui explique qu'ils ne peuvent pas se fléchir isolément avec autant de facilité que l'index ou le pouce.

Le *fléchisseur de la phalange médiane* ou *phalangine* est aussi appelé *fléchisseur superficiel* par les anatomistes de l'homme, parce que sa partie charnue, qui s'insère au radius, au cubitus et jusqu'à l'humérus, est plus superficielle, plus près de la peau, que celle du fléchisseur de la phalangette, qui est nommé par eux *fléchisseur profond*. Il se divise dès le milieu de l'avant-bras en quatre tendons destinés aux quatre doigts (fig. 289). Au pouce, qui n'a pas de phalangine, ce muscle manque.

Son insertion sur la face palmaire de la phalangine est fort curieuse (fig. 290). Comme il est placé plus superficiellement que le fléchisseur de la phalangette, son tendon se bifurque comme les deux cornes d'une fourche, pour laisser passer le tendon du fléchisseur profond, appelé aussi pour cette raison *perforant*.

Il n'y a pas de fléchisseur pour la première phalange. Seuls, de très petits muscles, à qui leur forme et leurs dimensions ont mérité le nom de *lombricaux* (de *lombric*, ver de terre), partent des tendons du fléchisseur profond (fig. 291) et vont s'insérer sur la tête de la première phalange, qu'ils peuvent ainsi légèrement fléchir, quand les fléchisseurs profonds sont eux-mêmes contractés déjà.

La main, dans son ensemble, est fléchie sur l'avant-bras par deux muscles qui (fig. 292), partant de l'hu-

mérus, vont se rendre l'un au deuxième (*grand palmaire* des anatomistes), l'autre au cinquième métacarpien (*cubital antérieur*). Ce sont des *fléchisseurs métacarpiens*.

Voyons les *extenseurs*. Il n'y a qu'un muscle extenseur pour la phalangette. Sa masse charnue, qui vient de

Fig. 290. — Gouttière que forme le tendon du fléchisseur de la phalangine (*superficiel*) pour laisser passer celui de la phalangette (*profond*).

Fig. 291. — Lombricaux et muscles des éminences thénar, a, et hypothénar, b.

l'humérus (*extenseur commun des doigts* et *extenseur du petit doigt* des anatomistes) se divise bientôt en trois faisceaux destinés l'un à l'index, l'autre au médius, le dernier à l'annulaire et à l'auriculaire (fig. 293). Il en sort quatre tendons reliés les uns aux autres par des fibres transversales, qui sont fortes surtout entre le tendon de l'annulaire et ceux du médius et de l'auriculaire (fig. 299). Le muscle du tendon qui va au pouce (*long extenseur du pouce*) ne remonte que jusqu'au cubitus (fig. 293).

En outre de ces extenseurs, les cinq doigts chez certains singes et, chez l'homme, le pouce, l'index et le petit doigt, possèdent chacun un *extenseur propre* (fig. 294), dont le corps charnu vient du cubitus (index) ou de l'humérus (petit doigt), et dont le tendon se réunit à celui de l'extenseur commun : au pouce,

Fig. 292. — Fléchisseur des métacarpiens.

Fig. 293. — Extenseur commun des doigts.

(*court extenseur* du pouce), l'insertion se fait à la première phalange, la deuxième, à laquelle semblent destinés ces extenseurs propres, n'existant pas.

Il y a pour chaque métacarpien (sauf celui du 4e doigt) un muscle extenseur qui s'insère à l'extrémité supérieure de l'os (fig. 295). Celui qui va au

pouce vient du cubitus et du radius, et son tendon s'attache à l'extrémité supérieure du premier métacarpien. Comme il est disposé obliquement et, par sa contraction, éloigne le pouce des autres doigts, les anatomistes lui ont donné le nom de *long abducteur du pouce* (*abducere*, conduire au dehors). Les

Fig. 294. — Extenseurs des métacarpiens.

Fig. 295. — Extenseurs propres du pouce de l'indicateur et du petit doigt.

extenseurs du deuxième et du troisième métacarpien s'appellent en anatomie humaine le *premier et deuxième radial externe*. Il n'y a pas d'extenseur métacarpien pour le quatrième doigt. Celui du cinquième vient du cubitus (c'est le *cubital postérieur* des anatomistes de l'homme).

Ces muscles sont les extenseurs de la main, qui peut, grâce à eux, se relever presqu'à angle droit lorsqu'on l'applique sur une table.

Mais les doigts ne font pas que se fléchir et s'étendre. Ils s'écartent encore les uns des autres, et peuvent aller à droite et à gauche.

L'axe de la main étant formé par le doigt médius, on voit aisément que les muscles extenseurs des phalanges, lorsqu'ils se contractent dans leur ensemble, écartent les doigts, les éloignent de l'axe; les fléchis-

Fig. 296. — Interosseux palmaires.

Fig. 297. — Interosseux dorsaux.

seurs produisent un effet exactement inverse, et les doigts se rapprochent l'un de l'autre lorsqu'ils sont fortement fléchis.

Mais les mouvements individuels d'éloignement ou de rapprochement des doigts par rapport à l'axe sont produits par les *muscles interosseux*, qu'il faudrait mieux appeler *métacarpo-phalangiens*. Ce sont de très petits muscles, dont les corps charnus sont placés, comme leur nom l'indique, entre les os du métacarpe. Dans chaque intervalle il y en a deux, placés l'un du côté dorsal, l'autre du côté palmaire (fig. 296

et 297), qui vont s'attacher par leurs tendons terminaux à la tête de la première phalange, l'un à droite, l'autre à gauche; leur action s'explique d'elle-même. Ceux du côté palmaire rapprochant les doigts, sont ***adducteurs*** (*ad ducere*, conduire vers); ceux du côté dorsal les écartant sont dits *abducteurs*. Il suffit pour se rendre compte de leur rôle d'examiner la figure. L'interrosseux palmaire du pouce prend beaucoup de développement; il s'insère à la fois sur le 2e et sur le 3e métacarpien; les anatomistes l'appellent le ***court adducteur*** du pouce, parce qu'il rapproche celui-ci des autres doigts.

Il existe deux muscles *carpo-phalangiens*, situés en dehors des espaces interosseux, et qui complètent la série des interosseux pour le petit doigt et pour le pouce. Leur insertion remonte jusqu'au carpe, et ils sont connus sous le nom de *court abducteur du pouce* (fig. 298, *a*) et d'*abducteur du petit doigt* (fig. 298, *b*) : ces noms indiquent leur rôle.

Fig. 298. — Muscles des éminences thénar et hypothénar (abducteurs et opposants).

L'importance particulière du petit doigt et surtout du pouce est en rapport avec un développement musculaire spécial qui se traduit à premier aspect par deux saillies désignées par les anatomistes sous les noms *d'éminence thénar* (θενάρ, *thénar*, paume de la main) pour le pouce, et *d'éminence hypo-thénar* pour le petit doigt (fig. 291). Elles sont formées d'abord par les muscles carpo-phalangiens et métacarpo-phalangiens, puis par deux autres petits muscles spéciaux.

En effet, le pouce et l'auriculaire possèdent chacun à la face palmaire un muscle qui va des os du carpe à leur métacarpien (muscles *carpo-métacarpiens*). Ces muscles ayant, lorsqu'ils se contractent, pour fonction de rapprocher le doigt des autres doigts, ont reçu les noms *d'opposants* (fig. 298); celui du pouce est très fort, celui de l'auriculaire grêle et faible.

Tels sont les muscles moteurs des doigts et de la main. La complication anatomique qu'ils présentent n'est rien en comparaison de leur complication physiologique. Car il est rare qu'ils entrent isolément en action; le plus souvent, dans les usages habituels que nous faisons de la main, ils agissent simultanément.

Les analyses de ces mouvements et de l'action correspondante des muscles sont très délicates et nous conduiraient trop loin. Je veux seulement vous faire remarquer que l'étude que j'ai faite devant vous explique certains faits intéressants : d'abord, la force et la liberté des mouvements du pouce; — puis, la grande indépendance de l'indicateur, grâce, pour les mouvements de flexion, à l'isolement de son fléchisseur de la phalangette, et pour ceux d'extension, à la présence de son extenseur propre; — la facile extension du petit doigt, muni aussi de son extenseur propre, tandis que, pour la flexion, le 4e et même le 3e doigt vont nécessairement de compagnie avec lui; — l'indépendance relative dans l'extension du médius dont le tendon extenseur, presque libre du côté de l'indicateur, n'est que faiblement uni à celui de l'annulaire; — la difficulté pour celui-ci, au contraire, de se soulever seul, à cause de la bride qui l'unit au médius et surtout de celle très forte qui réunit son tendon extenseur à celui du petit doigt (fig. 299). Ce dernier point

est, vous le savez tous, un obstacle très difficile à vaincre pour les exercices du piano. On arrive à force d'insistance, et en s'y prenant de bonne heure, à allonger ces brides de manière à rendre à l'annulaire la liberté nécessaire ; un professeur de piano a même inventé un instrument à l'aide duquel on obtient rapidement cette extension, et un chirurgien a été jusqu'à proposer la section sous-cutanée de ces brides gênantes.

Muscles de la physionomie.

Les muscles de la physionomie, dont je vais vous entretenir maintenant ne s'insèrent pas à des os, du moins par leurs deux extrémités. Une au moins est fixée à la peau elle-même. Ils sont les représentants des muscles dits *peaussiers* qui sont très importants chez les animaux, et qui chez nous n'existent qu'à la tête et au cou. Ce sont ces peaussiers que contractent si vigoureusement les chevaux et les chiens pour chasser les insectes ou sécher leurs poils ; ce sont eux qui permettent au hérisson de s'enrouler en boule.

Fig. 299. — Tendons des extenseurs et leurs attaches transversales.

Les muscles de la face se disposent autour de l'œil, du nez, de la bouche (fig. 300).

L'un des plus importants est *l'orbiculaire des paupières*, muscle mince, dont les fibres concentriques plissent la peau autour de l'orbite, et peuvent fermer énergiquement les paupières.

Le muscle *sourcilier*, né en dedans de l'arcade sourcilière, se dirige en dehors et se perd dans le sourcil; quand il se contracte, il rapproche les sourcils l'un de l'autre, et creuse une ride médiane. Il est caché par le muscle *frontal*, muscle assez large composé de fibres verticales, qui, en se con-

Fig. 300. — Muscles de la physionomie.

tractant, déterminent un plissement et des rides transversales du front.

La bouche est fermée par un muscle annulaire, *l'orbiculaire des lèvres*, qui possède une grande puissance. Son ouverture est tiraillée dans des sens divers par plusieurs muscles disposés en rayons.

Le *carré du menton*, qui va du maxillaire inférieur à la peau de la lèvre inférieure, abaisse directement celle-ci. Le *triangulaire des lèvres* a sa base sur le maxillaire inférieur, sa pointe aux coins de la bouche, qu'il abaisse en les tirant un peu en dehors.

Le *grand* et le *petit zygomatique* vont de l'arcade osseuse qui porte ce nom à la commissure des lèvres, qu'ils soulèvent en la portant en dehors. Le *canin* s'attache sous l'œil et se perd dans la lèvre supérieure, à la hauteur de la canine qu'il découvre. Les *releveurs du nez et de la lèvre supérieure* sont deux muscles, l'un superficiel, l'autre profond, qui partant du bord de l'orbite, vont à la lèvre qu'ils soulèvent, et à l'aile du nez qu'ils dilatent.

Cette aile est rétrécie par le jeu du muscle *myrtiforme* (en forme de feuille de *myrte*) qui, s'attachant sur le maxillaire supérieur, se perd dans la peau de la paroi de l'aile. Au-dessus de lui, le *transverse* plisse en long la peau du nez. Le *pyramidal*, qui se continue avec le frontal, fait froncer la peau située entre les sourcils.

C'est de l'action, soit isolée, soit simultanée de ces différents muscles, que résultent tous les mouvements de la physionomie.

Les releveurs de l'aile du nez et de la lèvre supérieure se contractent au début du *pleurer ;* le grand zygomatique détermine le *sourire ;* le canin et le petit zygomatique mêlent à la tristesse une expression de *colère ;* le triangulaire est l'agent des expressions de *tristesse*, de *mépris ;* le carré du menton se contracte pendant le *dégoût*. Mais presque jamais ils ne se contractent isolément : l'œil, le nez, la bouche, marchent d'ordinaire ensemble. Leur association, très com-

pliquée, est soumise à des lois que Gratiolet, Duchenne de Boulogne, Darwin, ont mises en lumière.

On peut reproduire toutes ces expressions diverses en faisant contracter les différents muscles au travers de la peau à l'aide de l'électricité.

Fig. 301. — Expressions diverses de la physionomie.

Je mets sous vos yeux (fig. 301) quatre figures empruntées à la magnifique série des photographies de Duchenne de Boulogne, qui sont fort intéressantes à examiner:

La figure A représente, au repos, la personne qui donnera les expressions physionomiques B, C, D.

En B, la physionomie générale a pris l'expression de la joie, par la contraction d'un certain nombre de muscles; mais on fait, à gauche, contracter, par un courant électrique, le muscle sourcilier. De là, une expression douloureuse, très frappante lorsqu'on compare, en les couvrant successivement, le côté gauche et le côté droit de la figure.

Dans la figure C, l'expression générale est celle d'une extase mêlée de tristesse; le physiologiste-artiste a voulu représenter une jeune fille prenant le voile. A droite, admiration extatique; à gauche, la contraction du sourcilier a donné une expression de douleur extrême.

Dans la figure D est peinte lady Macbeth pendant l'assassinat du roi. L'expression de cruauté de son beau visage est due particulièrement à la contraction artificielle du pyramidal du nez.

La Station et la Locomotion.

Parmi les mouvements si variés qu'exécutent les animaux, les plus importants peut-être sont ceux qui ont pour but de les faire mouvoir dans l'espace, ceux de la *locomotion*.

Marche, Vol, Natation.

La locomotion peut s'exécuter dans trois circonstances bien différentes. Ou bien l'animal repose sur le sol résistant par des points de son corps plus ou moins nombreux; ou bien il est plongé dans un milieu extrêmement léger, l'air, où il ne se soutient et ne se meut qu'en créant des résistances grâce à des mouvements très vifs de certaines surfaces appelées ailes. ou enfin il est plongé dans un milieu presque aussi

dense que lui, l'eau, dont il doit au contraire vaincre la résistance pour se mouvoir. On distingue ainsi la *marche* avec toutes ses variétés (reptation, marche. saut, etc., sur la terre ou sur l'eau), le *vol*, la *natation*,

Bien que certains mammifères (chauves-souris) volent assez bien, et que d'autres (cétacés) nagent presque toujours, il est vrai, à fleur d'eau, — je vous demanderai d'ajourner l'étude de ces moyens de locomotion au moment où nous nous occuperons de l'histoire du voilier par excellence, l'oiseau, et du nageur par excellence, le poisson. Il ne sera question aujourd'hui que de la locomotion à la surface du sol.

L'immense majorité des mammifères marche sur quatre pattes. Un petit nombre (certains singes, les kanguroos, etc), relèvent d'une manière plus ou moins persistante leurs pattes antérieures ; l'homme seul se tient debout, et se meut exclusivement sur les membres postérieurs maintenus en rectitude presque absolue.

Examinons ces divers points ; et d'abord, distinguons deux circonstances différentes : 1° la *station ;* 2° la *locomotion* proprement dite, le changement de lieu (*locus*, lieu ; *motio*, mouvement).

LA STATION.

Station de l'homme.

Commençons par la station de l'homme, la station *bipède*, bien qu'elle soit la plus difficile à comprendre (fig. 278 et 302).

Les pieds de l'homme forment une voûte solide appuyant fermement sur le sol par le talon et la base des orteils. Sur le dos de la voûte, dont les divers os

sont taillés en coins comme les pierres d'une arche de pont, s'appuie perpendiculairement le tibia, redressé par l'action des muscles du mollet; au-dessus, le fémur, que le triceps empêche de fléchir en arrière; puis, le bassin, maintenu par les masses charnues qui l'attachent à chacun des deux fémurs; au-dessus, la colonne vertébrale, redressée par les vigoureux muscles sacro-lombaires, et s'appuyant comme un coin entre les deux os du bassin, que leur union en bas et en avant empêche de s'écarter sous son poids; enfin la tête, dont la propension à tomber en avant est combattue par les muscles de la nuque.

Fig. 302. — Équilibre de la station humaine.

Tout cet ensemble se tient, comme on dit, droit et *d'aplomb;* ce mot appelle une explication.

Vous savez ce qu'on entend par *centre de gravité* d'un corps. Vous savez également qu'on démontre en mécanique qu'un corps ne demeure en repos que lorsque la verticale passant par son centre de gravité tombe dans l'intérieur de la figure que déterminent ses points de sustentation, c'est-à-dire ceux par lesquels il repose sur le sol : on appelle cette figure la *base de sustentation.*

Or, le centre de gravité du corps de l'homme se trouve placé dans le bassin, sur un plan horizontal qui est de quelques centimètres plus élevé que celui qui joint les têtes des fémurs. La base de sustentation est formée par les deux pieds et l'espace com-

pris entre eux. Tant que la verticale abaissée du centre de gravité, ce qu'on appelle abréviativement la *projection* du centre de gravité, tombe dans l'intérieur de cette base, la station verticale est assurée.

Vous voyez d'abord pourquoi, toutes les fois qu'il y a quelques craintes à concevoir sur la solidité de l'équilibre, nous écartons assez notablement les deux pieds l'un de l'autre. Le maximum d'aplomb a lieu lorsque les deux jambes sont bien verticales.

Si, dans cette position, nous inclinons le corps en avant, la projection du centre de gravité s'avance, et une chute en avant sera certaine quand le mouvement sera suffisament prononcé pour qu'elle sorte de la base de sustension ; de même pour les flexions en arrière ou sur les côtés.

Or, de semblables chutes nous menaceraient sans cesse, sans l'intervention active des muscles qui, aussitôt que le corps incline d'un côté, le tirent de l'autre pour le ramener à l'équilibre. Il en résulte que notre station ne peut être conservée que par une série d'efforts qui entraînent nécessairement de la fatigue.

Aussi, lorsque la station immobile est longtemps prolongée, on voit la personne qui y est condamnée se porter alternativement sur un pied, puis sur l'autre. La base de sustentation se réduit alors à la surface du pied qui porte le corps ; l'équilibre est donc moins solide, mais pendant ce temps les muscles extenseurs de l'autre jambe se relâchent, se reposent : c'est ce qu'on appelle la station *hanchée*.

La base de sustentation peut se réduire encore plus ; c'est ainsi qu'on arrive à se tenir en équilibre sur la pointe d'un pied, par laquelle tombe alors la

projection du centre de gravité. Ces positions de gymnaste ne peuvent se garder que pendant très peu de temps, à cause de la contraction forcée des muscles qu'elle nécessite; et, comme le centre de gravité est incessamment menacé de sortir des limites qu'exige l'équilibre, on ne peut ramener celui-ci que par d'incessants mouvements des bras et de la tête. Ainsi font encore, avec l'adjonction même d'un balancier, les gens qui se tiennent sur la corde raide, où la base de sustentation est si réduite.

Quand l'homme se charge d'un fardeau quelconque, la position de son centre de gravité se trouve déplacée, ce qui entraîne des mouvements du corps destinés à apporter la compensation nécessaire.

Une hotte placée sur le dos amène à pencher le corps en avant. L'enfant que la nourrice porte dans ses bras la force à se rejeter le buste en arrière. Le porteur d'eau qui soutient dans sa main droite un seau plein, se penche à gauche, et écarte au loin son bras gauche. Tous ces mouvements ramènent dans l'intérieur de la base de sustentation la projection du centre de gravité.

Station des quadrupèdes.

Pour les animaux quadrupèdes le problème est bien plus simple. Soutenus sur quatre piliers fort espacés, on voit que leur centre de gravité ne peut guère quitter la base de sustentation : aussi, très souvent se hanchent-ils en pliant une patte postérieure; ils ont encore une garantie d'équilibre très suffisante, dans le triangle compris entre les trois pattes à l'appui.

La rigidité des pattes postérieures est assurée par les mêmes muscles que chez l'homme; seulement elles ne sont pas droites comme chez nous, mais tou-

jours en demi-flexion. Nous avons déjà étudié ces conditions de la station des quadrupèdes lorsque nous avons jeté au commencement de cette leçon un coup d'œil général sur la disposition des masses musculaires (Voy. p. 301, fig. 277).

La plupart des mammifères ne posent pas sur le sol par la plante des pieds et la paume de la main, ne sont pas, comme on dit, *plantigrades* (*planta*, plante; *gradus*, marche). Presque tous sont plus ou moins *digitigrades* (*digitus*, doigt). Les ruminants, l'éléphant, les chevaux, marchent sur l'extrémité de la dernière phalange. Cela introduit, dans le jeu musculaire destiné à soutenir le corps, une complication dont je vous ai dit quelque chose au commencement de cette leçon (V. fig. 277, *a* et *a'*).

Stations diverses.

Chez certains mammifères il existe une station intermédiaire à la quadrupède et à la bipède, plus ou

Fig. 303. — Squelette du kangouroo, dans la station assise.

moins analogue à la station assise. Telle est celle des écureuils, des ours, des rats, etc.; telle celle du kanguroo (fig. 303), qui s'appuie en outre sur sa queue, comme le marchand de coco sur son bâton.

Aucun animal n'a la station droite et bipède pure; les singes supérieurs eux-mêmes ont toujours la

jambe demi-pliée sur la cuisse. Ils ne peuvent même redresser le corps que pour un instant, à moins que de se soutenir avec un bâton.

LA LOCOMOTION.

Il nous faut étudier à part la locomotion de l'homme et celle des animaux.

Le pas, marche.

Locomotion de l'homme. — Supposons un homme debout, reposant seulement sur un pied, le pied droit par exemple. Imaginons qu'il redresse le talon du pied à l'appui tout en penchant en avant le haut du corps. Dans cette situation, il est bien évident que la projection de son centre de gravité va sortir de la base de sustentation, et qu'il va tomber en avant. Mais à peine sa chute commence-t-elle, que nous le voyons avancer vivement le pied gauche, celui qui était resté en l'air, et le poser à terre, en avant de la projection du centre de gravité, si bien que celle-ci se trouve comprise dans la figure déterminée par les lignes qui rejoignent les points d'appui des deux pieds. L'équilibre est ainsi assuré ; l'homme a fait une enjambée, un *pas*.

Il peut s'arrêter là, dans cette station assez fatigante. Mais s'il veut continuer à marcher, il porte encore plus le corps en avant, projette à nouveau son centre de gravité en avant de la base de sustentation, et, au moment de la chute imminente, amène son pied droit en avant du pied gauche, de l'espace d'un nouveau pas. Et ainsi de suite. La marche est donc une *série de chutes en avant*, arrêtées par l'appui d'un pied jusque-là resté en arrière.

Examinons les choses d'un peu plus près, et supposons le premier pas fait. A ce moment, le pied droit touche encore le sol, et le pied gauche y arrive déjà. Mais, à moins que le pas ne soit très court, il a fallu que le talon droit se soit relevé ; c'est même ce soulèvement du talon droit par le jeu des muscles du mollet qu'on sent alors durs et contractés, qui a permis de porter en avant le corps, et de rompre l'équilibre. Le pied gauche, lui, est arrivé à terre, le talon le premier. Aussitôt après, sa plante entière appuie sur le sol, qu'à ce moment même le pied droit quitte entièrement. La jambe gauche, un peu fléchie sur la cuisse, est redressée simultanément, par la contraction du triceps fémoral, tirant sur la rotule. Il y a un instant où elle devient toute droite et verticale. Cela permet à la jambe droite, qui se fléchit du reste assez notablement, d'être portée en avant sans toucher le sol, et, en suivant le mouvement de progression du corps, d'amener son talon sur le sol, en temps utile, pour le second pas.

La série des actes que je viens de vous décrire recommence alors pour la jambe gauche qui ne tient plus au sol que par le bout des orteils, et qui le quittera bientôt.

Si, en regardant quelqu'un marcher avec une certaine lenteur, vous suivez de l'œil avec attention un point quelconque vers le milieu de son corps, par exemple un nœud de ruban fixé sur le côté de sa ceinture, vous voyez que ce nœud exécute trois sortes de mouvements. D'abord, il chemine d'arrière en avant, c'est là son mouvement le plus apparent; mais il ne chemine pas en ligne droite, car, à chaque pas, il se soulève quand la jambe du côté correspondant

est à l'appui complet, et s'abaisse quand c'est l'autre jambe; enfin, troisième mouvement, il oscille de droite à gauche.

Les membres antérieurs ne restent pas immobiles pendant la marche. Sans doute on peut marcher en les tenant immobiles, pendus le long du corps, comme font les soldats à l'exercice; mais on se sent gêné et privé d'une certaine aide dans la marche. Si on les laisse libres, voici ce qu'on remarque: lorsque la jambe gauche se porte en avant, le bras droit en fait autant, et réciproquement; ce mouvement est d'autant plus accentué que la marche est plus rapide. Il est dû à une action musculaire, car on reconnaît de loin une personne paralysée d'un bras à l'immobilité verticale que conserve ce membre pendant qu'elle marche.

Le corps lui-même ne reste pas immobile, poitrine en avant. A chaque pas, il s'incline légèrement et se redresse; en outre, il se tourne, un peu, du côté de la jambe à l'appui, en telle sorte qu'au moment où la jambe gauche est en arrière, l'épaule droite est en avant.

C'est à la combinaison heureuse de ces divers mouvements que tient l'élégance et la grâce de la démarche. Trop accentuée, ils produisent un effet désagréable et, en même temps, coïncidence qui n'est pas rare entre le beau et l'utile, elles nécessitent une dépense exagérée de forces.

Ainsi, dans la démarche solennelle, la démarche des rois de tragédie, le mouvement d'élévation et de torsion du corps à chaque pas est fort inutilement prononcé à l'excès; il y a plus, les jambes sont lancées, la pointe du pied très en dehors, avec une telle

force que le talon dépasse le point du sol où il doit reposer. Donc, perte de force pour élever inutilement le corps, pour lancer à outrance le pied en le tendant; le tout, pour arriver à un résultat ridicule.

Le saut, la course

En voilà assez pour la marche; passons maintenant à la *course*. Elle diffère de la marche par ceci : que la jambe à l'appui, par une contraction soudaine de ses muscles qui, de fléchie qu'elle était, l'allongent énergiquement, lance le corps qui, pendant un moment, quitte complètement le sol. Il retombe alors sur l'autre jambe qui, pendant que le corps était en l'air, s'est vivement portée en avant. Ainsi la course est une *série de sauts* d'un pied sur l'autre.

C'est la rapidité de la contraction musculaire qui détermine la projection du corps. Prenez une des extrémités d'une tige d'acier, appuyez l'autre au sol de manière à courber la tige : si vous relevez lentement la main, elle se redresse tout simplement; mais si vous la lâchez soudain, elle bondit tout en se redressant. La contraction musculaire soudaine produit un phénomène du même ordre. Il peut se manifester dans le saut à deux pieds comme dans celui à un pied; il sera d'autant plus énergique que la flexion primitive aura été plus forte; aussi les sauteurs à pieds joints vont-ils presque jusqu'à s'accroupir. Tous ces détails s'expliquent aisément.

Allures du cheval.

Locomotion des quadrupèdes. — Elle est extrêmement variée. Si nous prenons, par exemple, le cheval, dont les *allures*, comme disent les cavaliers, ont été minutieusement étudiées, nous en distinguons quatre principales : la *marche*, le *trot*, l'*amble*, le *galop*.

Dans les trois dernières, il y a un moment où le corps quitte entièrement le sol.

Dans le trot (fig. 304), il est lancé alternativement d'un *bipède diagonal* (patte antérieure droite, patte postérieure gauche) sur l'autre (patte antérieure gauche, patte postérieure droite).

Dans l'amble (fig. 305), il saute de l'un sur l'autre

Fig. 304. — Cheval au trot.

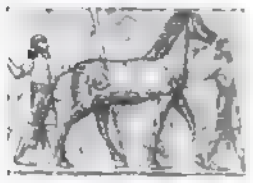


Fig. 305. — Cheval à l'amble.

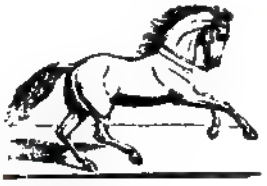


Fig. 306. — Cheval au galop, premier temps.

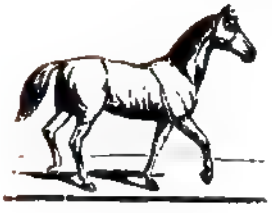


Fig. 307. — Cheval au pas : instant de l'appui diagonal.

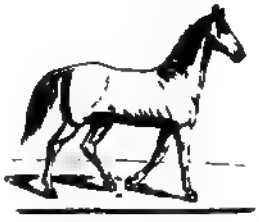


Fig. 308. — Cheval au pas : instant de l'appui latéral.

des *bipèdes latéraux* (pattes antérieure et postérieure du même côté).

Dans le galop (fig. 306), il bat une sorte de mesure à trois temps : pendant le premier, il repose seulement sur une patte de derrière, la gauche par exemple; dans le second, il foulera le sol par la patte

antérieure gauche et la patte postérieure droite; dans le troisième, par la patte antérieure droite, seulement. Cette allure présente plusieurs variétés.

Dans la marche (fig. 307 et 308), le cheval, à l'appui sur ses quatre membres, porte en avant et pose sur le sol, par exemple, le pied antérieur droit, puis le postérieur gauche, puis l'antérieur gauche et enfin postérieur droit. Son corps repose toujours sur deux pieds, alternativement sur un bipède diagonal et bipède latéral.

Tous les mammifères n'ont pas cette variété d'allures. Ainsi, les chameaux, les lamas, les girafes, au pas comme à la course, marchent toujours l'amble (fig. 309). *Allures variées.*

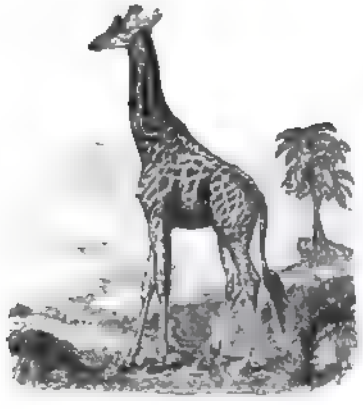


Fig. 309. — Girafe marchant l'amble.

D'un autre côté, il y a d'autres allures que celles du cheval. Une des plus fréquentes, qui peut constituer une marche (corps ne quittant pas terre), ou une course (corps quittant la terre), consiste à poser sur le sol alternativement les deux pattes antérieures et les deux pattes postérieures. C'est ainsi que marchent les kanguroos, les lapins, et généralement les

animaux dont les pattes postérieures (le train de derrière) sont beaucoup plus longues que les pattes antérieures. C'est ainsi que courent les chiens lévriers, que bondissent les chevreuils, etc.

Ce sont là des détails qui intéressent les vétérinaires, les naturalistes, et devraient fixer plus qu'ils ne le font l'attention des artistes. Mais nous ne pouvons nous y arrêter d'avantage.

DIXIÈME LEÇON

Les actes nerveux en général. — Les organes des sens.

Nous voici arrivés à la partie la plus délicate, mais aussi la plus intéressante de notre tâche. C'est par la sensibilité, par l'intelligence, par le mouvement volontaire, que se caractérise l'animal. Ces fonctions supérieures ont pour organes les diverses parties du système nerveux.

Mise en jeu du système nerveux.

Considérons un acte parmi les plus compliqués, au point de vue du nombre des organes mis en jeu, qui puissent être la conséquence de nos relations avec le monde extérieur. Il nous servira à déterminer les grandes régions dont se compose le système nerveux et à constater le rôle de chacune d'elles.

J'aperçois et j'entends un chien furieux qui, au même moment, se précipite sur moi et me mord à la main. Je retire aussitôt le membre blessé, je saisis une arme, je pâlis de colère ou de peur. Que s'est-il passé, physiologiquement?

1° Une impression ou, pour parler plus exactement, plusieurs impressions, par la vue, par l'ouïe, par le toucher; en rapport avec elles, existent des *organes sensoriels* nécessairement placés à la périphérie du corps : l'œil, l'oreille, la peau;

2° Une transmission de l'impression de la périphérie vers le centre ; elle se fait par l'intermédiaire de conducteurs plus ou moins comparables à des fils télégraphiques, de *nerfs de sensibilité ;*

3° Deux mouvements : l'un immédiat, presque instantané, inconscient, que ma volonté même n'aurait peut-être pu empêcher, bien qu'en temps ordinaire, elle puisse le produire : j'ai retiré ma main. Un second, plus tardif, évidemment volontaire et réfléchi : j'ai saisi une arme.

Nous pouvons donc penser qu'il y a deux endroits différents du corps, deux organes dans lesquels l'impression apportée par les nerfs sensitifs a donné, avec réflexion et conscience pour l'un, involontairement pour l'autre, naissance à un mouvement. Et c'est la vérité : le premier de ces organes, de ces *centres nerveux*, comme on dit, est le *cerveau*, le second la *moelle épinière ;*

4° L'ordre de se mouvoir, de se contracter, qu'il soit venu du cerveau ou de la moelle, a dû cheminer le long de nouveaux conducteurs, les *nerfs moteurs* qui l'ont apporté aux différents muscles ;

5° Autre centre, pour donner naissance à l'excitation portée sur les vaisseaux sanguins, d'où la pâleur ;

6° Autres nerfs, qui commanderont la contraction des fines artères de la peau du visage et y interceptent ainsi le cours du sang.

Ces derniers centres, ces derniers nerfs portent le nom de *ganglions* et de *nerfs du système sympathique*.

Voilà une série bien compliquée. En y regardant de près, nous allons la simplifier considérablement.

Les fibres nerveuses.

D'abord, tous les conducteurs, tous les nerfs, qu'ils soient sensitifs, moteurs ou sympathiques, peuvent

être considérés comme identiques, par leur structure et leurs propriétés. Tout semble démontrer qu'ils sont indifférents à la nature d'excitation qui se propage en eux, et qu'ils peuvent la conduire également dans les deux sens. C'est ainsi qu'un fil télégraphique transmettra indifféremment une dépêche allant de Paris à Lyon, et une autre de Lyon à Paris. C'est ainsi que trois fils télégraphiques, dont l'un fait mouvoir un appareil Morse, dont un autre fait sauter une torpille, dont le troisième produit d'une étincelle lumineuse entre deux charbons, sont identiques, transmettent un ébranlement identique, en un mot, possèdent les mêmes *propriétés*, et ne diffèrent que par l'appareil auquel ils se rendent, qui détermine ce qu'on appelle leur *fonction*.

Le nerf est une sorte de fil dont le diamètre est extrêmement faible (de un millième à un centième de millimètre) (fig. 310), mais dont la longueur peut atteindre plusieurs mètres chez les grands animaux. En chemin il se bifurque fréquemment (fig. 311), surtout près de sa terminaison. Presque toujours, il est entouré d'une enveloppe ou moelle qui semble destinée à le protéger, à l'isoler. Quand il arrive soit à un centre nerveux, soit à une fibre musculaire, il se dépouille de son enveloppe et pénètre seul dans l'organe qu'il va impressionner.

Les organes sensoriels sont adaptés chacun à une fonction et diffèrent beaucoup et très évidemment les uns des autres; aussi nous les étudierons à part.

Les cellules nerveuses.

Quant aux centres nerveux, il est bien évident qu'ils diffèrent beaucoup les uns des autres, puisqu'ils ont chacun une fonction différente. Et cependant, l'ana-

tomie aidée du microscope n'y trouve, qu'il s'agisse du cerveau, de la moelle ou d'un ganglion sympathique, qu'un seul élément anatomique : la cellule nerveuse.

Fig. 310. — Division des fibres nerveuses primitives dans les muscles. (Grossissement 350.)

Fig. 311. — Fibres nerveuses gross. 350) : a fil nerveux faisant saillie hors de sa moelle.

C'est un petit corps, mesurant de un centième à un dixième de millimètre, d'aspect très variable (fig. 312) ; ces cellules sont dispersées dans une sorte de gangue grisâtre sans structure apparente. Il en sort des filaments, qui souvent se ramifient : les uns servent à relier deux cellules entre elles, d'autres sont la terminaison de nerfs sensitifs, moteurs ou sympathiques.

Les physiologistes sont aujourd'hui unanimes pour penser que certaines cellules sont destinées à recevoir une impression sensitive, d'autres à élaborer un ordre moteur. Et cependant aucune différence de forme ni de dimension de ces petits corps ne peut être rattachée à ces diverses fonctions.

Propagation des excitations nerveuses.

Revenons aux conditions de propagation de l'excitation venue du dehors. Tout démontre qu'elle est d'abord transmise par le nerf sensitif à la cellule sensible de la moelle épinière qui, à son tour, la transmet à la cellule sensible du cerveau et à celle du ganglion sympathique; et chacune de ces trois

Fig. 312. — Diverses formes de cellules nerveuses (grossiss., 100 diam.).

cellules agit sur une cellule motrice qui commande ensuite à un nerf moteur.

La figure schématique ci-contre (fig. 313) peut servir à rendre compte de ce qui s'est passé dans le cas si complexe que j'ai pris pour exemple. On voit l'organe sensoriel OS communiquer son ébranlement au nerf sensitif ou mieux *centripète* NC, lequel le transmet à la cellule sensible de la moelle épinière SM; celle-ci met en branle les cellules sensibles cérébrales SC, et sympathique SS. Ces trois sortes de cellules réceptrices ont sous leur dépendance les cellules motrices correspondantes MC, MM, MS. Parti de celle-ci, l'ordre de contraction arrive par les nerfs moteurs, ou mieux *centrifuges*, à la fibre musculaire striée des muscles ordinaires

ou à la fibre lisse de l'intestin, des vaisseaux, des glandes, etc.

Ainsi, des fibres nerveuses qui apportent et emportent, des cellules nerveuses qui reçoivent et transmettent, voilà tout le système nerveux.

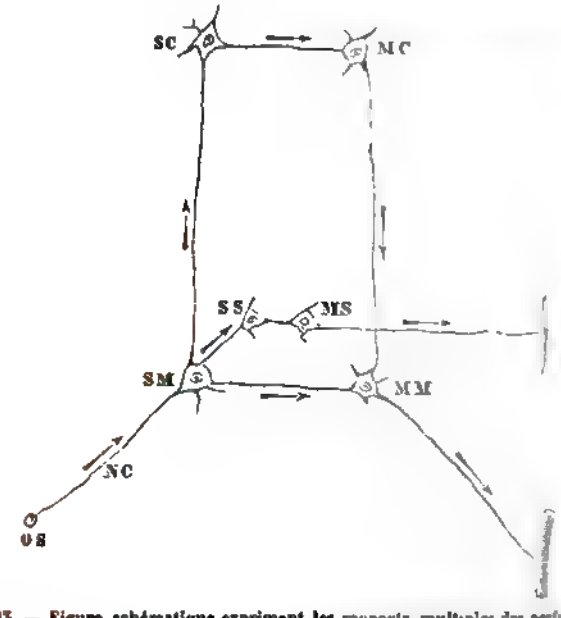


Fig. 313. — Figure schématique exprimant les rapports multiples des nerfs sensitifs et moteurs avec les cellules des centres nerveux, et avec les muscles lisses ou striés.

Les nerfs. Sortons maintenant de ces généralités, sur lesquelles nous reviendrons plus tard, et arrivons à la description des divers organes, à l'étude de leurs fonctions. Car ces filaments nerveux si délicats ne cheminent pas isolés dans l'organisme ; ils sont groupés, à la manière des fils d'un écheveau (fig. 314), en cordons blancs de dimensions plus ou moins fortes, qu'on appelle des *nerfs*. De même, les cellules nerveuses sont, je vous l'ai déjà dit, agglomérées dans des centres dont nous avons déjà indiqué les noms

principaux. Enfin, les terminaisons par lesquelles les nerfs de sensibilité reçoivent l'action des excitations extérieures font souvent parti d'organes d'une structure extrêmement compliquée.

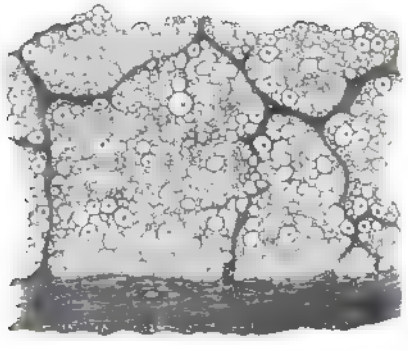


Fig. 314. — Coupe transversale d'un nerf (grossie. 360).

Nous commençons par ceux-ci, puisqu'aussi bien ce sont eux qui, dans nos rapports avec le monde extérieur, ouvrent la marche des phénomènes, eux dont l'excitation se propageant vers les centres, amène en définitive un mouvement. Faisons donc d'abord l'histoire des organes des sens.

ORGANES DES SENS.

La peau.

Peau. — Nous voici pour la troisième fois ramenés à l'histoire de la peau, qui est à la fois un revêtement protecteur, un organe de sécrétion et l'organe des sensations du *toucher*.

La peau est, en effet, sensible sur tous les points du corps, et la pointe même d'une aiguille est sûre de rencontrer toujours, si acérée qu'elle soit, une extrémité nerveuse dont l'excitation exagérée produira de la douleur.

Aucune disposition anatomique spéciale ne localise en certains points de notre peau les sensations tactiles; chez divers mammifères, il existe des revêtements durs, des cuirasses, qui en rendent certaines parties insensibles (voy. p. 73, fig. 67).

Les terminaisons nerveuses elles-mêmes n'offrent rien de particulier. Vous trouverez décrits dans beaucoup de livres, sous le nom de corpuscules du tact, des espèces d'enroulements du nerf de sensibilité auxquels il n'est pas le moins du monde prouvé que le toucher se rattache.

En nombre incalculable les nerfs de sensibilité se répandent dans la peau, traversent le derme et se terminent dans sa couche superficielle, envoyant de petits filaments libres dans les couches profondes de l'épiderme, d'où la sensibilité excessive des surfaces cutanées un peu excoriées.

Tel est l'organe de la sensibilité tactile, le plus simple des appareils sensoriels, sans doute parce qu'il est en rapport avec la plus matérielle des excitations sensorielles.

Bouche et fosses nasales. — Les muqueuses sont, elles aussi, douées de sensibilité; il suffit pour s'en assurer de piquer la langue ou l'intérieur des narines. Cependant les muqueuses profondes ne nous font guère connaître leur sensibilité que par son excès, c'est-à-dire par la douleur.

La bouche. Mais, en outre, la bouche orifice du tube digestif, le nez, orifice de l'appareil respiratoire, nous apportent des sensations d'ordres spéciaux, recueillies par des muqueuses à peine modifiées dans leur structure. La bouche est consacrée aux sensations *gustatives*, qui sont à leur maximum d'intensité sur la langue.

Là se voient, en outre de petites glandes qui versent un liquide assez gluant, des saillies ou *papilles*, auxquelles leurs formes diverses on fait donner par les anatomistes les noms de *filiformes*, de *calyci-*

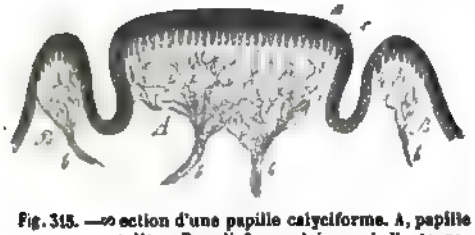


Fig. 315. — Section d'une papille calyciforme. A, papille proprement dite; B, relief annulaire qui l'entoure; *a*, épithélium; *c*, papilles secondaires; *b b*, nerfs des papilles et de l'anneau, gross. 10 diam.

formes, etc. (fig. 315 et 316). Là se terminent des nerfs, dont je vous dirai plus tard les noms, qui recueillent les excitations produites par des matières dissoutes, dites *sapides*, et les transmettent à certains centres nerveux qui les transforment en sensations du goût.

Fig. 316. — Section verticale antéro-postérieure de la langue; *a*, papille fongiforme; *b*, papille filiforme; *c*, muqueuse linguale, *d*, couche fibreuse subjacente à cette dernière; *e*, *f*, muscles longitudinaux; *g*, section du muscle transversal.

Il est facile de comprendre comment la mobilité de la langue facilite ces contacts et augmente leur intensité. Quand la bouche est close, les substances volatiles qui se dégagent des aliments entrent dans les cavités nasales par leur orifice postérieur, et se joignent à celles qui viennent directement par l'ouverture du nez.

Chez l'homme et chez quelques singes, les ouvertures antérieures des fosses nasales sont surmontées d'un *nez* qui vient surplomber la bouche. Il en résulte que l'aliment est interrogé dans ses parties vo-

latiles au moment même où il va entrer dans la bouche pour y être soumis à l'analyse gustative, qui porte sur ses parties liquides.

Les fosses nasales.

La muqueuse qui tapisse l'intérieur des fosses nasales reçoit, surtout dans ses parties supérieures, les ramifications du nerf olfactif qui s'y termine par d'innombrables petites pointes libres (fig. 317), dans l'intervalle des cellules de la couche épithéliale.

Fig. 317. — Terminaison d'un petit rameau du nerf olfactif de la grenouille.

Les fosses nasales (fig. 318) sont deux cavités séparées par une cloison osseuse, remontant en voûte jusqu'à la base du crâne, et s'ouvrant, comme vous le savez, en avant au dehors, en arrière dans l'arrière-bouche, plus loin que le voile du palais. En haut, elles communiquent avec des anfractuosités de l'os frontal, et sur les côtés, avec une grande cavité creusée dans l'os de la pommette. C'est pour cette raison, disons-le en passant, que lorsque la muqueuse nasale s'enflamme, dans le *coryza*, ou comme on dit vulgairement et très à tort, le *rhume de cerveau*, on éprouve souvent des douleurs assez fortes dans ces régions de la face.

Fig. 318. — Fosses nasales, coupe d'arrière en avant. *a*, bouche; *d*, portion de la base du crâne; *e*, front; *c*, ouverture de la trompe d'Eustache; *o*, voile du palais; *b*, *i*, *g*, les trois cornets; *h*, *f*, les cavités qu'ils déterminent.

Sur le côté de chacune de ces deux cavités se voient, fixées latéralement à la façon d'un auvent, trois

lamelles osseuses auxquelles leur forme recourbée a fait donner le nom de *cornets olfactifs* (fig. 318, *k*, *i*, *g*). La muqueuse nasale les revêt, bien entendu, et leur usage paraît être d'en augmenter ainsi la surface et de donner plus d'acuité au sens de l'olfaction (fig. 319). Du moins chez les animaux, qui ont ce

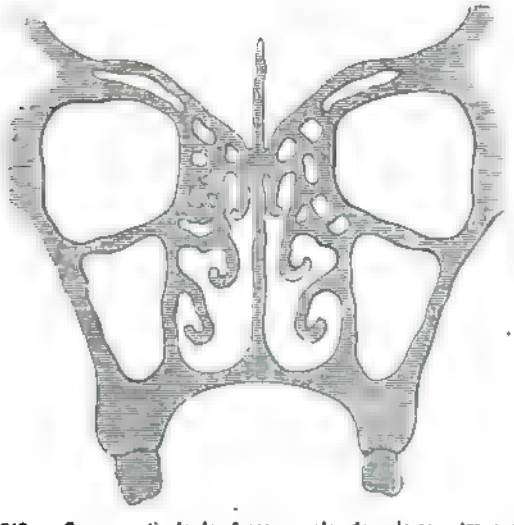


Fig. 319. — Coupe verticale des fosses nasales dans le sens transversal.

sens beaucoup plus développé que nous, chez les chiens surtout, ces cornets sont chargés de replis secondaires extrêmement compliqués.

La mise en jeu de l'organe olfactif se fait pendant l'acte inspiratoire ; l'air est alors appelé de dehors en dedans, et il est interrogé par le nerf olfactif qui peut, si son investigation lui donne des renseignements suspects, commander un arrêt respiratoire.

Ainsi, le nez est en quelque sorte la sentinelle avancée de l'appareil respiratoire, comme la bouche est celle de l'appareil digestif.

Oreille. — Les vibrations de l'air, quand elles sont

suffisamment nombreuses dans un temps donné, sont perçues par notre oreille et deviennent, comme on dit, sonores. Mais les nerfs auditifs ne se terminent pas tout simplement, comme les nerfs tactiles, gustatifs et olfactifs, par des filaments libres dans l'épaisseur d'une membrane. Ils sont, au contraire, cachés dans l'épaisseur d'un des os du crâne, noyés au sein d'un liquide qui ne leur communique les ébranlements sonores qu'après les avoir reçus lui-même d'un ensemble compliqué de parties dures et de membranes.

Pour faciliter ma description, je diviserai, comme on le fait d'ordinaire, l'appareil auditif en trois parties : l'oreille externe, l'oreille moyenne, l'oreille interne (fig. 320).

L'oreille externe.

L'*oreille externe* se compose du *tube auditif*, sorte de canal qui s'enfonce à une certaine profondeur dans le crâne, et du *pavillon*, plus ou moins développé, plus ou moins mobile, suivant les diverses espèces de mammifères. Le pavillon de l'oreille humaine est presque complètement immobile, et à peu près plat, avec des saillies en forme d'hélice et un appendice ou lobe qui n'existe chez aucun animal. Chez les animaux qui l'ont très développé, il joue le rôle d'un véritable cornet acoustique, que l'animal dirige du côté d'où vient le son, afin de l'entendre mieux ; vous avez toutes observé chez les chevaux, chez les chats, ces mouvements si étendus. Le nôtre, nous, légèrement incliné en avant, ramasse un certain nombre d'ondes sonores, et c'est pour cette raison qu'instinctivement nous tournons un peu la tête du côté où se fait entendre un léger bruit ; les sourds augmentent son action en plaçant derrière

lui leur main. Cependant, il ne joue qu'un rôle très secondaire.

L'oreille moyenne.

Le fond du conduit auditif est complètement fermé par une membrane, la *membrane du tympan*. De l'autre côté se trouve une cavité, la *caisse* ou *oreille moyenne*, laquelle présente quatre ouvertures, dont

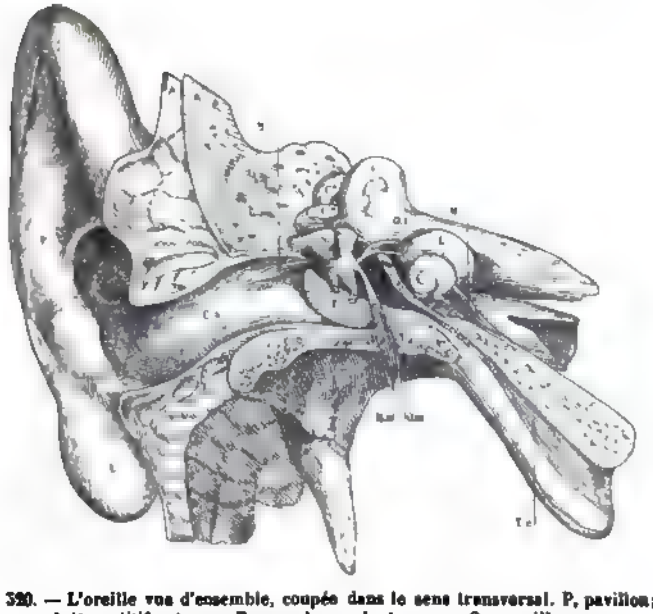


Fig. 320. — L'oreille vue d'ensemble, coupée dans le sens transversal. P, pavillon; Ce, conduit auditif externe; T, membrane du tympan; Om oreille moyenne; Me, Mi, Ma, muscles du marteau; Te, trompe d'Eustache; Oi, oreille interne; L, limaçon; c, c', c'', canaux demi-circulaires.

trois fermées par des membranes, la quatrième, seule ouverte, communiquant par un tube long et étroit, nommé la *trompe d'Eustache*, avec l'arrière-gorge, où elle s'ouvre un peu en arrière et au-dessus du voile du palais. Un jeu musculaire fort élégant fait qu'à chacun de nos mouvements de déglutition, l'orifice de la trompe s'ouvre, et la caisse se trouve en communication avec l'extérieur, en sorte que l'air

s'y peut renouveler. Mais lorsque, à la suite de maux de gorge répétés et d'inflammations de la muqueuse de la trompe, celle-ci vient à se boucher, l'air de la caisse s'altérant, il en résulte une surdité qu'on peut combattre en ouvrant habilement la trompe à l'aide d'une sonde fine.

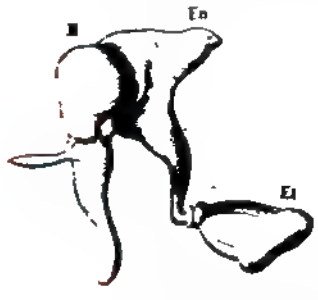


Fig. 321. — Osselets de l'oreille moyenne. M, marteau ; En, enclume, Et, étrier.

Les trois autres ouvertures de la caisse, ouvertures toujours fermées, sont le *tympan*, la *fenêtre ronde* et la *fenêtre ovale*. Du tympan à la fenêtre ovale se voit une chaîne de petits osselets à qui leur forme a fait donner les noms caractéristiques de marteau, enclume, étrier (fig. 321). Reliés entre eux par des articulations et de petits muscles, ils établissent une communication suffisamment rigide entre les deux membranes, et convenablement élastique, si bien que les ondes sonores qui ont frappé la membrane du tympan sont transmises, grâce à la bonne conductibilité des solides pour les sons, à la membrane de la fenêtre ovale. Elles ont toutes pour action commune d'ébranler le liquide qui remplit l'oreille interne.

Fig. 322. — Oreille interne sculptée dans le rocher. Fv, fenêtre ovale, vest, ampoule du canal vertical supérieur, vpd, ampoule du canal vertical postérieur, ha, ampoule du canal horizontal, Fe, fenêtre ronde.

L'oreille interne.

Celle-ci constitue un appareil vraiment bien curieux, et dont la complication, non plus que la forme

régulière et géométrique, n'est nullement expliquée (fig. 322). Elle se compose de deux parties : les *canaux demi-circulaires* et le *limaçon*, qui sont creusées dans l'épaisseur d'un os situé à la base du crâne, et auquel sa dureté extraordinaire a fait donner le nom de *rocher*. La membrane de la fenêtre ovale sépare la caisse du *vestibule*, petite cavité d'où partent et où reviennent les trois canaux demi-circu-

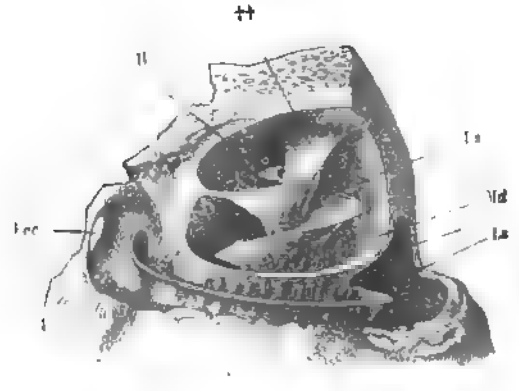


Fig. 323. — Le limaçon ouvert. Md, l'axe de la cloison osseuse; La, La, †, section de cette cloison entre les tours du limaçon et †† son extrémité supérieure; H, sommet de la lame spirale; Fec, fenêtre ronde.

laires. De ces organes curieux, l'un est horizontal, et les deux autres verticaux, se coupant tous trois à angles droits.

De l'autre côté du vestibule se voit le *limaçon* (fig. 323). Figurez-vous un tube fermé à l'une de ses extrémités, et divisé en deux parties par une cloison qui ne va pas tout à fait jusqu'au bout ; puis enroulez ce tube sur lui-même, comme une coquille de limaçon, et vous aurez l'organe connu sous ce nom. L'une des moitiés du tube s'ouvre dans le vestibule, l'autre est fermée par la membrane de la fenêtre ronde ;

elles communiquent entre elles au sommet de la spire.

Le nerf auditif entre dans le rocher et se divise en deux branches, dont l'une se distribue d'une manière très compliquée à la fine muqueuse qui tapisse le limaçon. On a décrit là des terminaisons nerveuses fort délicates : des espèces de trépieds, auxquels les physiologistes allemands ont voulu faire jouer un rôle capital dans la perception des sons; mais les oiseaux, les seuls animaux musiciens, ne les possédant pas, il est clair que l'explication tombe. L'autre branche du nerf auditif se rend aux canaux demi-circulaires.

Fig. 324. — Cristaux de l'oreille interne. (Grossis. 250.)

Toutes ces parties sont pleines d'un liquide clair; des poussières calcaires (fig. 324) se rencontrent dans les canaux.

La fenêtre ronde ne joue que le rôle de soupape de sûreté. Quand l'étrier refoule la membrane de la fenêtre ovale et par suite le liquide du labyrinthe, il faut bien que celui-ci puisse fuir, sans quoi il n'y aurait aucun ébranlement, car il est incompressible. Le choc transmis à ce liquide se propage dans la moitié correspondante du limaçon, puis, par la communication du sommet, à l'autre moitié du même organe, et revient refouler la fenêtre ronde.

On ne sait rien de net sur le rôle de ces diverses parties. Les plus importantes semblent être le vestibule et les canaux demi-circulaires. Du moins, chez les oiseaux, le limaçon est très réduit, et il disparaît complètement chez les grenouilles et les poissons, qui ne sont pas sourds pour cela, tant s'en faut.

La surdité. Mais les hommes le sont trop souvent. La surdité dépend soit d'un épaississement maladif de la mem-

brane du tympan, soit d'une déchirure de celle-ci, soit d'une ankylose de la chaîne des osselets, soit, ce qui est plus grave, mais ce qui est aussi extrêmement rare, d'une altération de l'oreille interne. La cause la plus fréquente, peut-être, de la surdité est l'oblitération de la trompe d'Eustache par inflammation de sa muqueuse, laquelle est presque toujours la suite d'une inflammation de l'arrière-gorge; le renouvellement de l'air dans la caisse du tympan est une des conditions de l'audition convenable.

Quand la surdité arrive dans le cours de la première année de la vie, l'enfant n'entendant pas parler n'apprend pas à parler : c'est un *sourd-muet*. Il faut donc surveiller avec soin les jeunes enfants sourds, et s'ils n'entendent pas les sons, les soumettre à un traitement médical qui pourra souvent réussir. Après l'âge de trois ans il est trop tard, et l'on n'a plus à sa disposition que des moyens artificiels d'éducation, grâce auxquels on obtient, du reste, de bien curieux résultats : lecture de la parole sur les lèvres, articulation des sons, vraie parole émise par le sourd-muet, etc.

Chez beaucoup de sourds, l'oreille interne n'étant pas détruite, le nerf auditif peut être impressionné par l'intermédiaire non plus de la caisse, mais des os du crâne; ces sourds entendent parfaitement le son d'un diapason qu'on leur applique sur la tête. On arrive également à leur faire entendre les sons émis au loin en leur faisant tenir, appuyée contre les dents, une feuille de carton qui recueille les ondes aériennes sur une grande étendue et les transmet directement aux parties solides du crâne, qui ébranlent consécutivement le liquide des canaux demi-cir-

culaires et du limaçon, et font enfin vibrer les terminaisons du nerf auditif (fig. 324).

Œil. — L'œil, encore plus compliqué que l'oreille, est cependant d'une description bien plus facile à comprendre. C'est un globe un peu allongé d'avant en arrière, logé dans une cavité, ou *orbite*, que forment principalement en haut le frontal, en bas l'os de la pommette. Il est soutenu et protégé en avant par deux voiles partiellement mobiles, les *paupières*, et il peut se mouvoir dans toutes les directions par l'action des six muscles qui sont cachés avec lui dans l'orbite.

Fig. 324. — Sourd écoutant à l'aide de l'*audiphone*.

Organes protecteurs de l'œil

Au-dessus de lui, un arc de petits poils rudes les *sourcils*, le garantissent contre les poussières et la sueur qui coulent du front. Le bord des deux paupières porte des poils plus longs et élastiques, les *cils*, qui jouent avec plus d'efficacité encore le même rôle protecteur. Un vieux poète français, Saluste Du Bartas, a chanté avec beaucoup d'exactitude et de grâce naïve ces dispositions protectrices du délicat appareil usuel :

Les yeux, guides du corps, sont mis en sentinelle
Au plus notable endroit de cette citadelle,
Pour découvrir de loin et garder qu'aucun mal
N'assaille au dépourvu le divin animal.
Ces deux astres bessons, qui de leurs douces flammes
Allument un brasier dans les plus froides âmes,
Les miroirs de l'esprit, ces doux luisants flambeaux,
Ces doux carquois d'amour sont si tendres; les peaux
Par qui (comme à travers deux luisantes verrières)

Ils dardent par moments leurs plus vives lumières,
Qu'ils s'esteindroient bientost, si Dieu de toutes parts
Ne les avoit couverts de fermes boulevars :
Logeant si dextrement tant et tant de merveilles
Entre le nez, le front, et les jouës vermeilles,
Ainsi qu'en deux vallons plaisamment embrassez
De tertres qui ne sont ni peu ni trop haussez.
Et puis comme le toict préserve de son aile
Des injures du ciel la muraille nouvelle :
On voit mille dangers loin de l'œil repoussez
Par le prompt mouvement des sourcils hérissez.

6e jour de la semaine. — *Œuvres*, p. 283, Caen, 1585.

Dans l'angle externe et supérieur de l'orbite, la *glande lacrymale* sécrète un liquide limpide et légèrement salé, qui arrose incessamment sa face antérieure, la préserve contre la dessiccation qui en troublerait la transparence et y lave les petites poussières qui ont échappé au tamis formé par les cils.

Ce liquide, que les mouvements incessants des paupières promènent sur la surface de l'œil, ne tend pas à sortir sur la joue, ni à mouiller les cils, grâce, d'une part, à la petite poche que lui présente la paupière inférieure, et, en second lieu, à l'enduit gras que déversent sur le bord des paupières de petites glandes cachées dans leur épaisseur. Ces petites glandes, pour le dire en passant, s'enflamment fréquemment et déversent alors avec excès leur liquide qui se concrète en petites masses jaunâtres ; lorsque leur conduit s'oblitère, elles donnent naissance aux *orgelets*.

Mais revenons au liquide lacrymal. Il est incessamment sécrété ; donc, il faut bien qu'il sorte : ainsi fait-il, par un mécanisme des plus curieux. Si vous vous regardez de près dans une glace, vous

verrez tout près de l'angle interne de l'œil, deux petits trous, un sur chaque paupière (fig. 325). Ce sont les orifices de deux petits canaux, lesquels se rendent dans un sac, le *sac lacrymal* qui, à son tour, débouche à la partie supérieure des fosses nasales. C'est par là que s'en vont les larmes, et l'on s'en aperçoit bien, lorsqu'à la suite de quelque émotion vive, elles sont sécrétées en très grande quantité : on pleure et l'on mouche en même temps. Leur passage à travers cet étroit canal est assuré par la contraction d'un petit muscle qui le fait ouvrir juste au moment où les paupières se ferment; serré entre l'œil et les deux voiles palpébraux, le liquide entre facilement dans les deux *points lacrymaux* ouverts : si cependant il est trop abondant, il force aisément le passage et se répand sur les joues.

Fig. 325. — Schema de l'appareil lacrymal. 1, Contour du globe oculaire. 2, Contour de l'orbite; 3, Glande lacrymale, 4, Caroncule lacrymale, 5, Tubercule et point lacrymal supérieur, 6, Conduit lacrymal supérieur, 7, Sac lacrymal, 8, Canal nasal, 9, Ouverture inférieure du canal nasal, 10, Méat inférieur des fosses nasales.

C'est ce qui arrive encore lorsqu'une inflammation du sac lacrymal l'a oblitéré; pour y remédier, on y introduit une sonde, et l'on rétablit de vive force la communication avec les fosses nasales.

Les paupières se ferment, comme nous l'avons dit (voy. p. 321 et fig. 300), par la contraction du muscle *orbiculaire*. La paupière inférieure est relevée par un

muscle spécial qui vient du fond de l'orbite, *le releveur de la paupière supérieure.*

Les mouvements de l'œil sont, vous ai-je dit, produits par six muscles ; quatre sont dits *muscles droits*, deux *muscles obliques* (fig. 326). Les muscles droits

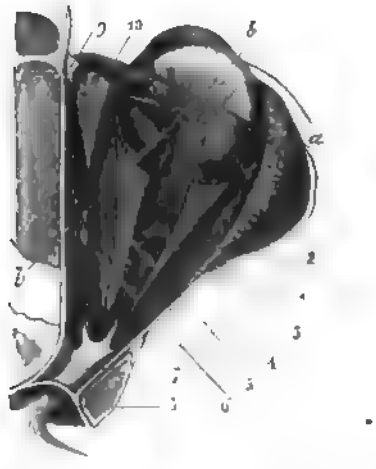


Fig. 326. — Muscles moteurs du globe de l'œil vus de haut en bas : 1, Coupe de la cavité orbitaire ; 2, Muscle petit oblique ; 3, Muscle droit externe ; 4, Muscle droit supérieur ; ce muscle cache sur la figure le nerf optique et le muscle droit inférieur ; 5, Muscle droit interne ; 6, Portion directe du muscle grand oblique ; 7, Anneau tendineux ; 8, Nerf optique ; 9, Poulie de réflexion du muscle grand oblique ; 10, Portion réfléchie du muscle grand oblique ; *aa*, Axe de rotation du globe pendant la contraction du muscle droit supérieur ou du muscle droit inférieur ; *bb*, Axe de rotation du globe pendant la contraction des muscles obliques ; le troisième axe de rotation, qui correspond aux muscles droits externe et interne, est perpendiculaire au plan de la figure.

prennent leur insertion fixe au fond de l'orbite ; en avant, ils s'attachent sur le globe de l'œil même, l'un en haut, l'autre en bas, l'un à gauche, l'autre à droite ; ils le tirent ainsi dans toutes les directions. Leur action est complétée par celles des muscles obliques, qui sont disposés de manière à faire tourner la pupille, l'un, le *petit oblique*, en haut et en dehors, l'autre, le *grand oblique*, en bas et en dehors.

Si j'ajoute que du fond de l'œil sort le *nerf optique*,

qui s'en va au cerveau en traversant un trou du crâne, je vous aurai donné une idée suffisamment complète des moyens de suspension, de mouvement et de protection de cet organe délicat.

Structure de l'œil.

Voyons maintenant sa structure.

C'est un globe plein de liquide, dont une portion de la face antérieure est transparente, et sur le

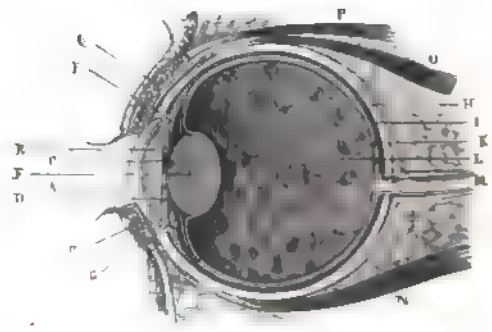


Fig. 327. — Coupe verticale de l'œil : A, cornée ; B, Chambre antérieure ; C, Pupille ; D, Iris ; E, Cristallin ; FG, Procès ciliaires ; H, Sclérotique ; I, Choroïde. K, Rétine ; L, Chambre postérieure ; M, Nerf optique ; NO, Muscles moteurs de l'œil ; QR, Paupières.

fond duquel s'étale un nerf capable d'être impressionné par les ondulations éthérées qui constituent la lumière. La poche opaque qui le forme s'appelle la *sclérotique* (σκληρὸς, *sclèros*, dur) ; la partie transparente située à l'avant, la *cornée ;* la membrane nerveuse, la *rétine*. Mais il est bien clair que si l'organe était réduit à ces parties, il ne nous serait que d'un médiocre secours. Nous pourrions bien avec son aide distinguer le jour de la nuit, mais il ne viendrait pas sur votre rétine une image nette d'une étendue suffisante de l'espace.

Pour que cette condition d'une vision convenable soit remplie, il faut qu'entre les objets et la rétine

soit interposée une lentille bi-convexe qui rassemblera les rayons lumineux et produira une image petite et nette d'un objet relativement grand. L'œil sera alors comparable à la machine du photographe, la rétine tenant la place de la plaque sensibilisée.

Cette lentille s'appelle le *cristallin*. Elle est suspendue, par les *procès ciliaires*, un peu en avant du milieu de l'œil, qu'elle divise ainsi en deux parties : la *chambre antérieure* remplie par un liquide, l'*humeur aqueuse* et la *chambre postérieure* remplie par une substance plus visqueuse, l'*humeur vitrée*.

Vous savez que les opticiens, lorsqu'ils veulent obtenir avec une lentille une image bien nette, n'emploient que les rayons lumineux qui ont traversé les parties centrales de la lentille ; ils protègent les bords avec un écran circulaire, Un semblable écran existe dans l'œil ; c'est l'*iris*, qui est percé d'un trou, la *pupille*. Cette ouverture se rétrécit quand la lumière est vive et s'élargit au contraire lorsque nous regardons un objet éloigné ou peu éclairé (fig. 328). L'iris présente des colorations très variées : ce sont elles qui déterminent les yeux bruns, bleus, gris, etc.

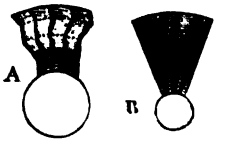


Fig. 328. — Iris : A, contracté ; B, au repos.

Marche des rayons dans l'œil.

Voici donc la marche des rayons lumineux : passage à travers la cornée et l'humeur aqueuse ; puis traversée, grâce au trou pupillaire, du cristallin et de l'humeur vitrée ; arrivée sur la rétine, où se fait l'impression, que le nerf optique, dont la rétine n'est qu'un épanouissement, emporte au cerveau.

Il est encore un perfectionnement dont je dois vous parler. Entre la rétine et la sclérotique, on trouve

une membrane noire, opaque, la *choroïde;* elle est destinée à absorber les rayons lumineux après qu'ils ont impressionné la membrane sensible.

Dans la première partie de son trajet, en traversant la cornée et l'humeur aqueuse, le rayon lumineux est fort peu dévié de sa direction primitive; mais quand il entre dans le cristallin, il se brise, se ***réfracte***, comme on dit en physique; nouvelle réfraction au contact de l'humeur aqueuse.

Si donc nous considérons un objet, une flèche, avec les rayons émanés de ses deux extrémités, nous

Fig. 329. — Formation de l'image renversée dans le fond de l'œil. (Il y a erreur dans la gravure par l'attribution des points A' et B').

voyons que les déviations dont nous venons de parler ont pour conséquence la formation sur l'écran rétinien d'une image plus petite que l'objet, et renversée (fig. 329), parce que la rétine est au delà de ce que les physiciens appellent le *centre optique* de la lentille cristallienne. On observe facilement cette image renversée en regardant par derrière un œil de lapin blanc, dépouillé de sa sclérotique.

L'accommodation usuelle.

Il faut, pour que l'image formée sur la rétine soit bien nette, pour que nous y voyions bien clair, que le foyer du cristallin soit très peu en avant du fond de l'œil; autrement l'image deviendrait comme estom-

pée, avec coloration irisée sur les bords. Or, il est bien clair que le lieu de formation de l'image variera suivant que l'objet est plus ou moins éloigné de l'œil. Pour que nous puissions voir également bien de près ou de loin, il faut donc qu'il se fasse dans l'œil une modification ou, comme on dit, une *accommodation* particulière.

Voici comment les choses se passent. Au repos complet, l'œil est accommodé pour la vision des objets lointains, c'est-à-dire placés à une distance d'au moins une vingtaine de mètres; leur image se peint, par conséquent, nettement sur la rétine. Quand les objets se rapprochent, leur image tend à s'éloigner en arrière de la membrane sensible, et, par conséquent, elle perd sa netteté. Pour la ramener en avant, il faut que le cristallin devienne plus *réfringent*, plus sphérique (fig. 331) ; c'est ce que produit la contraction d'un petit muscle annulaire qui l'entoure, car malgré sa rigidité apparente, il est en réalité très élastique : l'image est alors ramenée sur la rétine. Mais vous comprenez que, l'accommodation pour les objets voisins étant due à une contraction musculaire, elle ne peut se soutenir longtemps sans une certaine fatigue; aussi devons-nous reposer notre œil de temps en temps en regardant un peu loin.

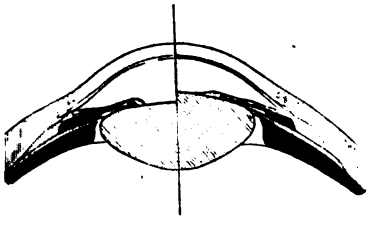


Fig. 331. — Changement de courbure du cristallin.

La distance à laquelle l'action du muscle de l'accommodation commence à se produire est d'environ 30 à 40 centimètres; c'est ce qu'on appelle la dis-

tance de la vision distincte. Il est prudent de la conserver pour un travail d'une certaine durée.

Imperfections de l'œil.

Pour certaines personnes, la distance de la vision distincte est notablement plus courte; elles ont un cristallin trop convexe et ne voient pas nettement les objets éloignés, parce que leur image se fait en avant de la rétine (fig. 333). A ces personnes, qu'on nomme *myopes* (μύειν, *myein*, cligner;

Fig. 332. — Lentille biconcave ramenant l'image sur la rétine d'un œil myope.

Fig. 333. — Marche des rayons parallèles dans un œil normal : l'image se forme sur la rétine.

ὤψ, *ôps*, œil), on fait porter des lunettes concaves dont l'action contrarie celle du cristallin, et la corrige, en

Fig. 334. — Œil presbyte : l'image se forme en arrière de la rétine.

éloignant l'image (fig. 332). D'autres n'y voient que d'assez loin, et par exemple, pour lire, tiennent le

livre à bout de bras. On les appelle *presbytes* (πρεσβύς, *presbys*, vieillard), parce que cette disposition s'acquiert souvent lorsqu'on avance en âge (fig. 334). Leur cristallin n'est pas assez convexe, ou leur mus-

Fig. 335. — Œil myope : l'image se forme *en avant* de la rétine.

cle de l'accomodation pas assez énergique ; l'image se fait en arrière de la rétine. Des lunettes à verres convexes la ramènent en place.

Tout ceci peut se résumer en disant que l'œil myope est trop long, et l'œil presbyte trop court.

Enfin, il est un autre trouble de la vue qu'on n'a bien étudié que dans ces derniers temps. On l'appelle l'*astigmatisme*. Les gens qui en sont atteints ne peuvent voir nettement à la fois une ligne verticale et une ligne horizontale placés dans le même plan. Cela tient à ce que la cornée n'a pas la même courbure dans le sens vertical et dans le sens horizontal. On y remédie par l'emploi de verres cylindriques placés soit horizontalement, soit verticalement.

Vous voyez que l'œil n'est rien moins, comme on le dit partout, qu'un instrument parfait. Même chez les personnes qui sont douées de la meilleure vue, on y constate aisément bien des imperfections tenant à la non-transparence des milieux et à la forme non régulièrement géométrique des surfaces. Mais la

grande habitude que nous avons acquise, dès l'enfance, de corriger les sensations mauvaises qui résultent de ces graves défauts, fait que nous ne nous en apercevons pas.

Maladies de l'œil.

La vue peut être altérée et perdue par des maladies très variées; elles se rattachent à deux types principaux : perte de transparence des milieux, perte de sensibilité de la rétine.

Dans le premier type, l'altération la plus commune

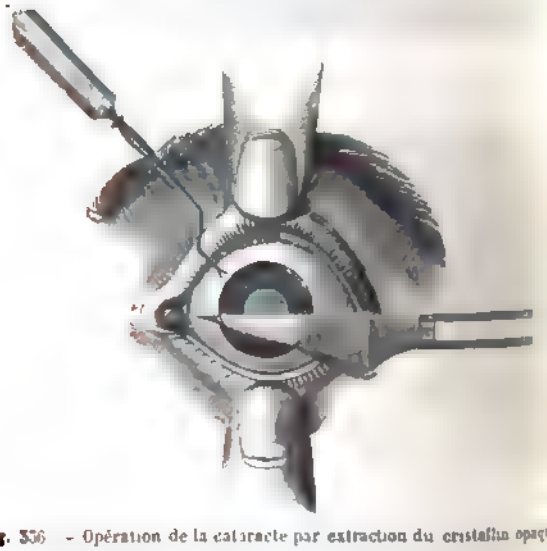


Fig. 336. – Opération de la cataracte par extraction du cristallin opaque.

est l'opacité du cristallin, la *cataracte*. On sait depuis le seizième siècle la guérir, en enlevant par des procédés très divers (fig. 336) le cristallin malade : des lunettes portant des lentilles fortement biconvexes le remplacent pour le malade.

La paralysie pure et simple de la rétine n'altère nullement l'œil, qui paraît absolument pur. Cependant il présente un aspect particulier et bizarre, qu

tient à ce que l'iris ne change plus de dimension quand l'aveugle passe de la lumière à l'obscurité.

Bien d'autres maladies peuvent atteindre un organe aussi délicat. On commence à les mieux connaître, et par suite à les mieux traiter, grâce à un instrument qui permet de voir nettement jusque dans le fond de l'œil. Rien de plus simple que cet instrument, que

Fig. 337. — Examen de l'œil au moyen de l'*ophthalmoscope*.

l'*ophthalmoscope* (ὀφθαλμός, *ophthalmos*, œil ; σκοπεῖν, *scopein*, regarder), et cependant il a fallu arriver à notre époque pour résoudre le problème de voir au fond de l'œil. Comment faire pour voir au fond d'une cavité obscure, car ce que nous disons de l'œil peut s'appliquer à toutes les cavités ? Y projeter de la lumière et regarder. Mais pour regarder, vous vous mettrez ou derrière ou devant la lumière, et, vous ne verrez rien. Alors, direz-vous, je vais placer une

lampe sur l'épaule de la personne que je veux examiner ; puis, je tiendrai à la main un petit miroir à l'aide duquel je renverrai dans l'œil la lumière de la lampe, qui en éclairera le fond. Fort bien ; mais où placerez-vous votre œil à vous? Derrière le miroir? mais celui-ci fera écran. Cela est vrai ; seulement il suffit d'y percer un petit trou et de regarder au travers. Voilà donc toute l'instrumentation : une

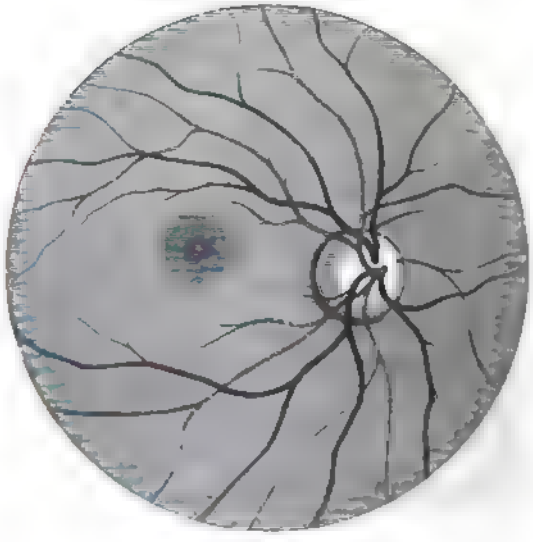


Fig. 338. — Vue du fond de l'œil normal à l'ophthalmoscope.

lampe, un miroir percé, et comme perfectionnement, une loupe (fig. 337), qui permet de grossir l'image du fond de l'œil éclairé.

Cette image (fig. 338) présente une tache blanche qui est l'entrée du nerf optique dans l'œil : on en voit partir des artères et des veines. A côté se voit une autre tache jaunâtre qui présente une grande importance, parce que c'est sur elle que tombent les rayons lumineux qui pénètrent directement dans

l'œil; c'est le point où se fait la vision distincte; aussi a-t-elle une structure particulière.

Les lésions qu'on constate dans le fond d'un œil malade, à l'aide de l'ophthalmoscope, sont extrêmement variées. En voici un exemple pris sur un malade atteint d'inflammation de la choroïde, de *choroïdite* (fig. 339).

Beaucoup de mammifères ont les yeux tout à fait

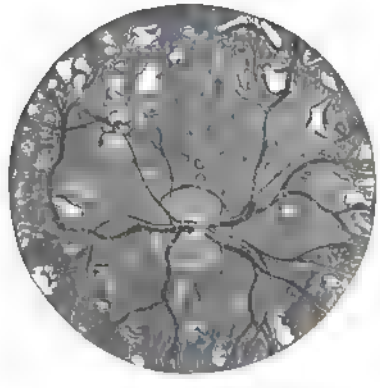


Fig. 339. — Fond de l'œil dans la *choroïdite*.

divergents, situés de chaque côté de la tête : tels les vaches, les lapins. Chez nous, chez les singes et quelques autres espèces encore, les deux yeux sont à côté l'un de l'autre, regardant en avant et tous deux à la fois le même objet. La vision s'exécute donc avec les deux yeux, elle est *binoculaire*. Les deux yeux nous donnent tout naturellement chacun une image de l'objet considéré; cependant les deux images se confondent en une seule, lorsque nous regardons dans les conditions régulières et naturelles. Nous verrons dans une autre leçon quelles sont ces conditions et comment on essaye d'expliquer cette fusion des deux images. Je me contenterai de vous faire remarquer

aujourd'hui qu'il y a une relation très curieuse entre les mouvements des deux yeux, une relation forcée. Nous ne pouvons pas, en effet, mouvoir un œil dans une direction sans que l'autre le suive aussitôt. Et remarquez que ce ne seront pas toujours des muscles de même nom qui se contracteront ensemble; si nous regardons à droite, par exemple, nous ferons agir le muscle droit externe pour l'œil droit, le droit interne pour l'œil gauche.

La simultanéité d'action des deux yeux va plus loin encore. Si vous approchez une lumière de l'œil d'une de vos amies, vous verrez aussitôt la pupille se rétrécir; or, elle se contractera semblablement à l'autre œil, alors même que vous l'auriez maintenu avec soin dans l'obscurité.

Vous ne vous étonnerez pas beaucoup après cela d'apprendre que lorsque un œil est malade, il arrive souvent que l'autre le devient à son tour; c'est ce qu'on appelle les ophthalmies *sympathiques*. Et alors, généralement, pour sauver l'œil sain, il n'y a pas d'autre ressource que d'extirper le malade.

Puisque je vous parle de maladies des yeux, il faut que je vous dise un mot de la plus commune de toutes, qui est à proprement parler extérieure à l'œil. En effet, la face postérieure des paupières est garnie d'une membrane muqueuse qui se réfléchit sur la sclérotique et passe, en s'amincissant extrêmement et devenant tout à fait transparente, sur la cornée. On la nomme *conjonctive* (de *conjungere*, réunir, parce qu'elle unit l'œil aux paupières). Cette muqueuse s'enflamme souvent, surtout chez les enfants et les personnes débiles ; ces maladies, si on les néglige, peuvent avoir deux conséquences inégalement gra-

ves : faire tomber les cils, ou laisser sur la cornée des taches qui peuvent gêner ou même empêcher la vision. L'inflammation de cette muqueuse est appelée *conjonctivite* et lorsque la partie qui passe devant la cornée est prise, on dit qu'il y a *kérato-conjonctivite* (κερᾶς, *kéras*, cornée) (fig. 340).

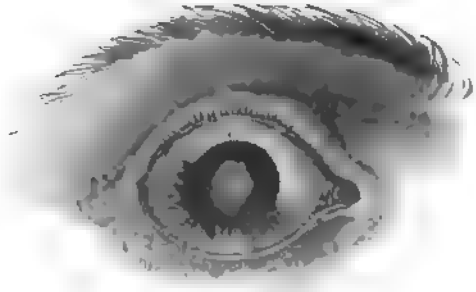


Fig. 340. — Œil atteint de *kérato-conjonctivite*.

Vous savez toutes qu'un grand nombre de personnes n'ont pas les deux yeux régulièrement et symétriquement disposés. Elles *louchent*, comme on dit, et

Fig. 341. — Opération du strabisme convergent.

leur *strabisme* (στραβὸς, *strabos*, louche) est tantôt *convergent* (loucher en dedans), tantôt *divergent*. Cette disposition tenant le plus souvent à la faiblesse initiale d'un des deux yeux, on peut presque toujours la

prévenir ou la guérir à ses débuts, lorsqu'on surveille avec assez de soin les enfants. Si on a laissé se développer cette petite, mais fort disgracieuse difformité, il n'est plus d'autre ressource qu'une opération (fig. 341) qui coupe, et par suite rallonge le muscle de l'œil qui s'était raccourci. On obtient ainsi d'assez bons résultats comme aspect; mais lorsque la déviation était forte, l'œil redressé n'y voit plus.

Voici les organes des sens connus; plus tard, nous analyserons avec détails les sensations que nous recevons par leur intermédiaire et les notions qu'elles nous procurent sur le monde extérieur. Passons maintenant aux centres nerveux; puis nous étudierons ensemble les nerfs de sensibilité et les nerfs de mouvement, ou comme on dit d'une manière plus générale, les nerfs *centripètes* et les nerfs *centrifuges*.

ONZIÈME LEÇON

Des centres nerveux cérébro-spinaux (moelle épinière et encéphale).

Vous vous souvenez sans doute qu'en examinant d'un coup d'œil rapide, au début de ces leçons, la structure des animaux vertébrés, j'ai insisté sur ce fait que la partie principale des centres nerveux est située tout entière au-dessus du tube digestif, cachée dans le canal vertébral et dans son renflement crânien (voy. fig. 40, p. 49).

La moelle épinière.

Dans le canal vertébral proprement dit, le centre nerveux s'appelle la *moelle épinière.* C'est un cordon blanc, qui s'avance plus ou moins loin, suivant les espèces, dans le canal, où il se termine par un pinceau nommé *queue de cheval.* Chez l'homme, la moelle se termine au commencement de la région lombaire (fig. 343).

On remarque, à la région du cou et à la fin de la région dorsale, un *renflement* qui correspond à l'origine des nerfs des membres supérieurs et inférieurs. En avant et en arrière, ce cylindre nerveux présente deux sillons profonds qui vont presque jusqu'à se rencontrer; d'autres sillons, beaucoup plus superficiels, déterminent de chaque côté un *cordon postérieur*, un *cordon latéral*, un *cordon antérieur.*

La moelle est blanche, avons-nous dit; mais si on

Fig. 343. — Système nerveux de l'homme : *a*, cerveau, *b*, cervelet, *c*, moelle rachidienne; *d*, nerf facial, *e*, plexus brachial formé par la réunion de plusieurs nerfs qui proviennent de la moelle épinière, *f*, nerf médian du bras, *g*, nerf cubital, *h*, nerf cutané interne du bras, *i*, nerf radial et nerf musculo-cutané du bras, *j*, nerfs intercostaux, *k* plexus fémoral formé par plusieurs nerfs lombaires et donnant naissance au nerf crural *l*, plexus sciatique donnant naissance au nerf principal des membres inférieurs, lequel se divise ensuite pour former le nerf tibial (*m*), le nerf péronier externe (*n*), le nerf saphène externe (*o*), etc.

la coupe transversalement, on voit à sa partie centrale une *substance grise*, dont la singulière figure permet de reconnaître des *cornes postérieures* et des *cornes antérieures* (fig. 344 et 358, p. 410). Cette substance grise est composée de cellules nerveuses, unies les unes aux autres, et plongeant dans une masse grisâtre. La *substance blanche* est formée de filaments,

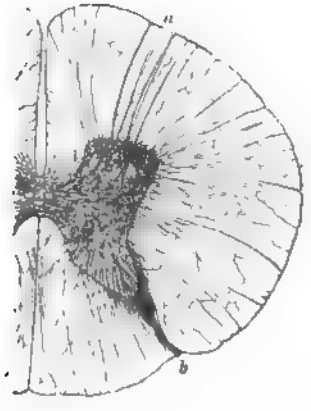


Fig. 344. — Section transversale de la portion inférieure de la région dorsale de la moelle : *a*, origine des racines postérieures ; *b*, origine des racines antérieures.

qui mettent en communication, dans le sens de la longueur, les diverses régions de la moelle épinière. Au centre, se trouve un canal de très petite dimension.

Des cornes de la substance grise partent des filets très fins, qui sortent de la moelle et se réunissent l'un à l'autre à une certaine distance; ils constituent alors un nerf qui sort du canal vertébral et va se distribuer au dehors Les nerfs naissent toujours par paire, en face l'un de l'autre; chacun d'eux, comme on le voit, provient de deux *racines*, l'une *antérieure* (*inférieure* chez les quadrupèdes), l'autre *postérieure*,

et sur le trajet de celle-ci se trouve un petit ganglion nerveux (fig. 345 et 358, p. 410).

L'expérience a montré que les racines postérieures sont exclusivement composées de nerfs sensibles, tandis que les racines antérieures ne contiennent que des nerfs moteurs. Ces deux espèces de nerfs se réunissent en un tronc mixte. Il n'est donc pas étonnant de voir que l'excitation des cordons postérieurs de la moelle provoque surtout de la douleur, tandis que celle des cordons antérieurs occasionne des mouvements convulsifs dans certaines régions du corps.

Fig. 345. — Tronçon de la moelle épinière montrant la disposition des nerfs qui en naissent : *a*, moelle épinière ; *b*, racine postérieure de l'un des nerfs spinaux ; *c*, ganglion situé sur le trajet de cette racine ; *d*, racine antérieure du même nerf, allant se réunir à la racine postérieure, au delà du ganglion ; *e*, tronc commun formé par la réunion de ces deux racines ; *f*, petite branche qui va s'anastomoser avec le nerf grand sympathique.

Si l'on coupe en travers une des moitiés latérales de la moelle épinière, on voit que le membre postérieur du même côté est paralysé, ne peut se mouvoir, mais est resté sensible, tandis que celui du côté opposé est devenu presque insensible à tout pincement, mais obéit parfaitement à la volonté de l'animal. C'est pour cela qu'on dit que l'irritabilité motrice se transmet directement du cerveau le long de la moelle, tandis que la sensibilité passe en croisant d'un côté à l'autre.

Mouvements réflexes.

Une section transversale complète de la moelle épinière paralyse entièrement les membres postérieurs, en ce sens que l'animal ne peut plus volontairement s'en servir et qu'il n'en perçoit plus les excitations.

Mais si l'on pince violemment le pied de cet animal,

il retire le membre blessé, et même, si l'excitation a été suffisamment énergique, il agite toute la partie postérieure du corps. Il n'a, du reste, aucune conscience de ces mouvements que, par opposition à ceux qui s'exécutent sous l'influence de la volonté, on appelle *mouvements réflexes*.

Ce nom, d'aspect assez singulier, tend à exprimer l'espèce de réflexion (dans le sens physique du mot), qu'éprouve l'influence sensitive arrivant à la moelle épinière et en ressortant sous forme d'excitation motrice. La figure 346 montre très clairement comment les choses se passent.

L'importance des mouvements réflexes est d'autant plus grande que la partie de la moelle séparée est plus considérable, c'est-à-dire que la section a été faite plus près de la tête. Nous verrons tout à l'heure comment, lorsque le cerveau seul est enlevé, leur harmonie se conserve à un tel degré qu'on peut les croire, à première vue, encore dirigés par la volonté.

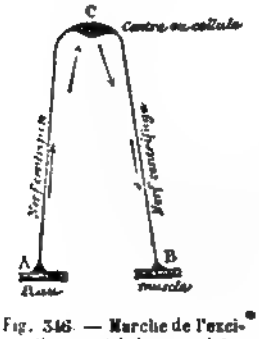


Fig. 346. — Marche de l'excitation centripète et origine du mouvement réflexe.

Moelle allongée

En quittant le canal vertébral pour pénétrer dans le crâne, la moelle épinière s'agrandit comme la cavité qu'elle remplit. On lui donne alors le nom de *moelle allongée* ou de *bulbe rachidien*. Puis elle se termine à droite et à gauche par un gros noyau composé de substance grise cellulaire et de substance blanche fibreuse. Ces différentes parties ont été étudiées par les anatomistes avec le soin le plus minutieux et ont reçu les noms les plus variés, et, il faut bien le dire, les plus baro-

ques. Je ne pourrais essayer de démêler devant vous toute cette terminologie et toute cette géographie également complexes.

Je me bornerai à vous dire que la moelle allongée, et son prolongement ou *noyau* de l'encéphale, jouent, par rapport aux nerfs qui s'en détachent et sortent du crâne au nombre de douze paires, le même rôle que la moelle épinière par rapport aux nerfs du reste du corps. Les impressions sensitives ou centripètes, les excitations motrices ou centrifuges les traversent, les actes réflexes s'y exécutent : je n'insiste pas sur les détails.

Fig. 347. — Le haut de la moelle épinière, la moelle allongée et le noyau de l'encéphale, vus par derrière.

Il en est un, cependant, que je ne saurais passer sous silence. Très près de l'endroit où la moelle épinière pénètre dans le crâne, se voit un petit sillon en forme de V (fig. 347). Si l'on pique, fut-ce avec une épingle, la pointe de ce V, immédiatement la respiration s'arrête : mouvements du thorax, du diaphragme, soulèvement simultané des ailes du nez, tout cesse à la fois. Il en résulte que l'animal est comme foudroyé et tombe instantanément mort; ce centre des mouvements respiratoires a été baptisé par Flourens, qui l'a découvert, du nom de *nœud vital*. C'est là que l'épée du toréador doit aller frapper, pour le tuer d'un coup, le taureau dont la tête baissée laisse libre un espace entre le crâne et la première vertèbre; c'est là, pour prendre une comparaison moins noble, que les cuisinières normandes piquent avec une épingle les volailles à sacrifier.

La distension de la moelle en ce point produit le même effet que la piqûre : d'où le *coup du lapin*, également connu des chasseurs et des cuisinières. Il est même arrivé qu'en soulevant brusquement un petit enfant par la tête, on a produit cette dislocation immédiatement mortelle : avis à vous mettre en garde contre cette imprudente facétie !

Tout près de ce point s'en trouve un autre, qui présente également un grand intérêt. Si on le pique

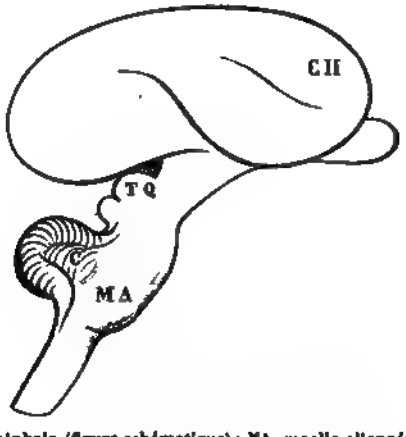


Fig. 348. — Encéphale (figure schématique) : MA, moelle allongée ; C, cervelet ; TQ, tubercules quadrijumeaux ; CH, hémisphères cérébraux.

avec une aiguille à travers les parois du crâne, on détermine dans le foie une production exagérée de sucre ; si bien que l'organisme ne peut le consommer, et qu'il s'en fait par les urines une élimination qui peut aller à une centaine de grammes par jour : d'où le *diabète sucré*.

La moelle allongée ne remplit pas le crâne, tant s'en faut. Au-dessus d'elle, et intimement reliées à elle, se voient trois masses nerveuses, qui sont, en procédant d'arrière en avant : le *cervelet* C, les *tubercules quadrijumeaux* TQ, le *cerveau* CH (fig. 348). Tout

cet ensemble porte le nom d'*encéphale* (ἐν, *en*, dans; κεφαλή, *céphalé*, tête).

Le cervelet est un gros corps gris, qui semble formé de plis juxtaposés; quand on en fait une section, on voit à son intérieur une substance blanche, disposée en ramifications qui donnent à la coupe un aspect fort élégant : les anciens nommaient cette figure l'*arbre de vie*. Comme toujours, dans les centres nerveux, la partie grise est composée de cellules nerveuses, la blanche, de fibres conductrices.

On ne sait trop à quoi sert le cervelet. Si on l'enlève chez un animal, ou si on le blesse, il survient des troubles de la locomotion, troubles qui persistent ou disparaissent suivant la gravité de la lésion. On avait été amené, par suite, à lui attribuer un grand rôle dans les divers actes locomoteurs; mais on a constaté, en faisant des autopsies, que certains individus dont la marche n'avait rien présenté d'insolite étaient privés de cervelet : il a donc fallu en rabattre de ces conclusions.

Vous voyez, pour le dire en passant, un exemple des services que l'observation des malades pendant leur vie et l'examen de leur corps après leur mort, l'*autopsie*, comme on dit assez maladroitement (αὐτός, *autos*, soi-même; ὄψις, *opsis*, vue), ou mieux la *nécropsie* (νεκρὸς, *nécros*, mort), rendent à la physiologie. C'est surtout dans l'étude du système nerveux encéphalique et médullaire que ces services ont pris la plus grande importance.

Le cervelet se relie de chaque côté à la moelle allongée par deux *jambes*, disaient les anciens, ou, comme nous disons, par deux *pédoncules cérébelleux*. Tout près d'eux partent les deux jambes du cerveau

ou *pédoncules cérébraux*. Toutes ces parties ont avec le cervelet ceci de commun que leur blessure amène de grands troubles locomoteurs. Suivant le lieu de la lésion et diverses circonstances encore mal connues, on voit l'animal se lancer en avant, reculer, se rouler, tourner sur lui-même comme une bûche qu'on roule, décrire des mouvements circulaires tout à fait semblables à ceux d'un cheval dans un manège, etc...

En avant du cervelet se voient quatre globes grisâtres, beaucoup plus petits : ce sont les *tubercules quadrijumeaux*. On ne sait guère sur leur rôle que ceci : quand ils sont détruits, l'animal perd la vue, d'où le nom de *lobes optiques* sous lequel on les désigne souvent. Ils sont beaucoup plus volumineux chez les autres vertébrés que chez les mammifères.

Fig. 349 — Coupe de l'écorce cérébrale (fort grossissement).

Enfin, en avant, coiffant et enveloppant les boutons terminaux de la moelle allongée, se voit le cerveau, gris et celluleux à la surface, blanc et fibreux dans la profondeur (fig. 349). Il se divise en deux parties, séparées l'un de l'autre par un sillon profond, et fort improprement dénommées *hémisphères cérébraux*, car chacune d'elles ne représente guère que le quart d'une sphère. Sur le côté se voit un autre sillon obliquement dirigé, et connu sous le nom de *scissure de Sylvius* : il sépare le *lobe frontal* du *lobe pariétal*. Dans leur partie pro-

fonde, les deux hémisphères sont reliés l'un à l'au-

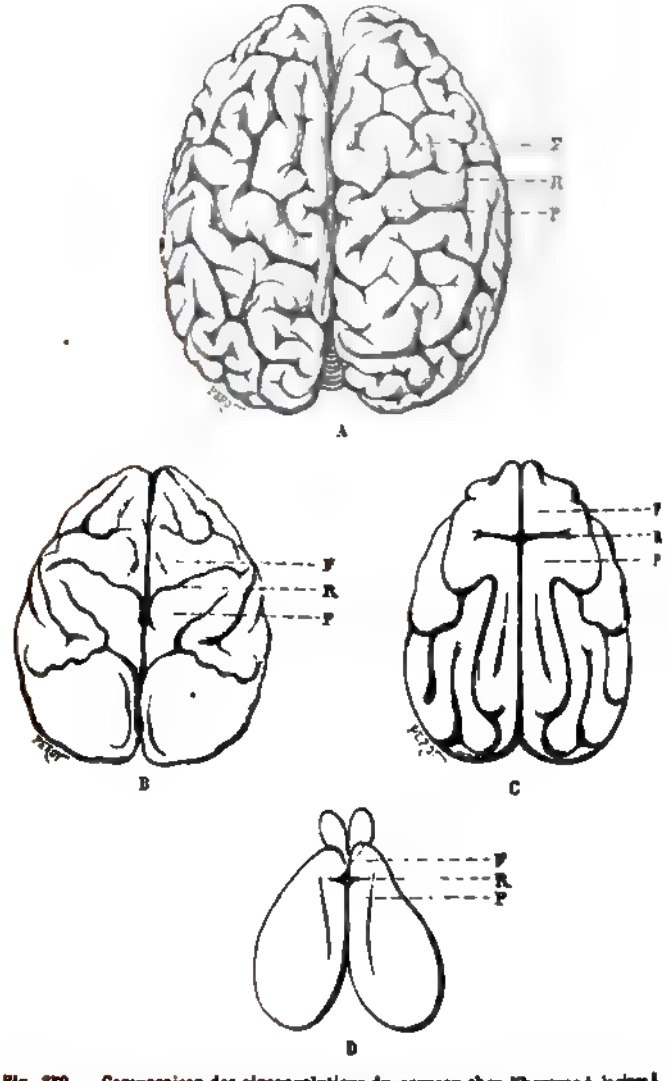


Fig. 350. — Comparaison des circonvolutions du cerveau chez l'homme A, le singe le chien C, et le lapin D. Dans chaque figure la lettre R correspond au sillon qui sépare les circonvolutions frontale F et pariétale P.

tre par une masse blanche, qu'on voit au fond du sillon médian, et qu'on nomme *corps calleux*.

Ces points établis, je ne puis plus rien vous dire de la structure du cerveau qui s'applique à tous les mammifères. Il se présente, en effet, avec un aspect fort différent, suivant qu'on l'envisage dans les divers ordres de cette classe (fig. 350). Tantôt il est presque absolument lisse, tantôt sa surface se couvre de plis ou *circonvolutions*. Ces plis, si compliqués qu'ils puissent être, ne sont pas disposés sans ordre : ceux des Carnassiers, par exemple, diffèrent absolument de ceux des Ruminants ou des Singes; mais chez tous les Carnassiers, par exemple, ils ont une ressemblance singulière, ce qui n'empêche pas que ceux des Chats ne sont jamais identiques à ceux des Chiens. En d'autres termes, leurs rapports de ressemblance ou de dissemblance varient avec ceux des autres caractères zoologiques.

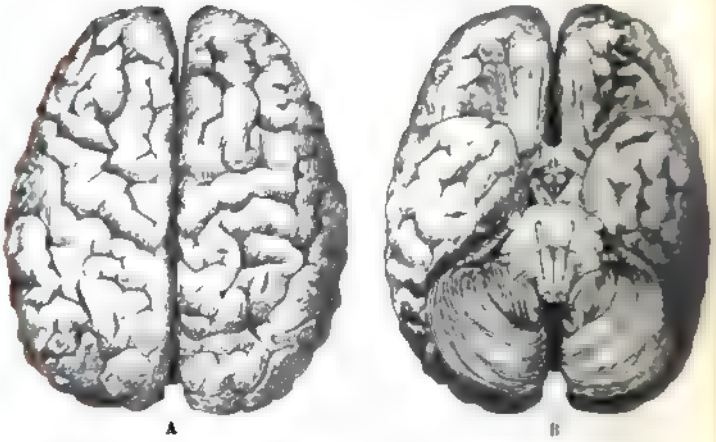
La substance grise pénètre dans ces plis; si bien que, à boîte crânienne de volume égal, plus un cerveau est plissé, plus il possède de substance grise, c'est-à-dire de cellules, c'est-à-dire de masse active : ceci ne peut être sans importance, et nous aurons à y revenir.

Ce n'est pas seulement la surface qui varie d'une espèce à l'autre, mais aussi la masse même du cerveau. Chez les kanguroos, il s'étend si peu en arrière qu'il laisse à découvert les tubercules quadrijumeaux, tandis qu'il les recouvre chez les autres mammifères. Chez les singes, il recouvre le cervelet en entier.

C'est chez l'homme qu'il présente son maximum de dimensions relatives et de complication de structure. Les circonvolutions y sont si compliquées d'aspect que, jusqu'à ces dernières années, les anatomistes ne se préoccupaient ni de les décrire ni de les des-

siner exactement (fig. 351); les variations légères qu'elles présentent d'un individu à un autre les aidaient à se persuader qu'elles s'intricaient au hasard : l'anatomie, la physiologie et la pathologie se sont accordées pour faire revenir les savants sur cette erreur.

Les méninges. L'encéphale et la moelle épinière sont maintenus en place dans le crâne et le canal vertébral, d'abord par les nerfs qui en sortent et les vaisseaux qui les pénè-



A B

Fig. 351. — Encéphale de l'homme : A, vu en dessus, B, vu en dessous.

trent, en outre et surtout, par trois membranes auxquelles les anatomistes ont donné le nom de *méninges*.

Immédiatement au contact des organes nerveux se voit la *pie mère*, qui doit son nom (*pia mater*, la mère pieuse) à ce qu'elle n'abandonne jamais la surface des organes et l'accompagne dans ses circonvolutions et anfractuosités si diverses; c'est une membrane assez fine, que suivent les vaisseaux sanguins qui pénètrent dans les centres nerveux. A l'extrémité de la moelle, elle se rassemble en un cor-

don fibreux qui va s'attacher au bas du canal vertébral et maintient la moelle à sa place.

En dehors d'elle est *l'arachnoïde*, à la trame ténue (ἀράχνη, *arachné*, araignée), qui en est séparée par un liquide, le liquide *céphalo-rachidien*, dont l'importance est grande pour la stabilité et la protection des centres nerveux.

Enfin, le tout est enveloppé pas la *dure-mère*, membrane épaisse qui, elle, se tient à distance des organes nerveux, ne se reliant que par des cordons fibreux

Fig. 332. — A, Faux du cerveau. B, Tente du cervelet.

avec la pie mère, et s'attachant solidement, en divers points, aux parois osseuses du crâne et du canal vertébral. Dans le crâne, elle forme un vaste repli antéro-postérieur qui sépare les deux hémisphères cérébraux (*faux du cerveau*) (fig. 332, A) et un autre transversal (*tente du cervelet*), qui sépare le cerveau du cervelet (B). Chez les carnassiers et quelques autres mammifères, la tente du cervelet est ossifiée.

Et maintenant, de cette description sommaire et ardue, mais nécessaire, passons à la physiologie du cerveau.

Excitabilité des hémisphères cérébraux.

L'excitation de la surface des hémisphères ne produit aucune douleur; on s'en est assuré non seulement sur les animaux, mais sur des hommes blessés. Pendant longtemps on a cru également qu'elle ne produisait aucun mouvement, ou, pour parler plus exactement, qu'il n'y avait pas de rapport entre elle et les mouvements divers que le corps pouvait exécuter. Des recherches récentes ont montré que c'était là une erreur. L'excitation, à l'aide d'un courant électrique, des circonvolutions qui avoisinent la scissure de Sylvius détermine toujours et régulièrement des mouvements dans les membres, les mâchoires et d'autres parties du corps; chaque région du corps a son *centre excitateur*.

Action croisée des hémisphères.

Le mouvement obtenu est croisé, c'est-à-dire qu'en excitant les circonvolutions de droite, on fait contracter les muscles de gauche, et réciproquement. Ces faits acquis par les expériences sur les animaux concordent avec d'autres, que les médecins avaient antérieurement constatés sur des malades atteints d'*hémorrhagies cérébrales*.

Il arrive trop fréquemment que de petits vaisseaux sanguins se déchirent dans le cerveau, soit dans ses couches grises superficielles, soit dans ses fibres blanches, soit plus fréquemment dans les parties où il s'unit intimement avec la moelle allongée. Le sang qui s'épanche alors en *hémorrhagie* comprime ou même déchire la matière nerveuse : c'est une *apoplexie cérébrale* (ἀποπλήσσειν, *apoplessein*, frappé de stupeur). Les désordres fonctionnels sont en général proportionnels à la quantité du sang sorti des vaisseaux. Le malade n'est quelquefois frappé que de troubles sensitifs, locomoteurs, ou intellectuels, très

passagers ; dans d'autres cas, il est entièrement paralysé; il peut même être foudroyé presque instantanément, lorsque le sang, s'écoulant par un système de cavités ou *ventricules* dont je ne puis vous donner la description détaillée, arrive à la région du nœud vital, et la comprime. Très fréquemment le malade, soit immédiatement, soit à la suite d'une demi-guérison, reste paralysé d'un côté du corps *hémiplégique* (ἥμι, *hémi*, demi ; πλήσσειν, *plessein*, frapper), ayant perdu de ce côté tantôt le mouvement volontaire seul, tantôt la sensibilité, tantôt les deux à la fois, et à des degrés divers. Dans ce cas, le bras et la jambe qu'il ne peut plus mouvoir et dont il est insensible, sont ceux du côté opposé à celui de la lésion cérébrale.

Il y a donc quelque part entre-croisement entre les fibres nerveuses qui mettent en communication les hémisphères cérébraux avec les différentes parties du corps. Cet entre-croisement, que nous avons déjà signalé pour la sensibilité en parlant des demi-sections transversales de la moelle épinière, se fait à la naissance même de la moelle allongée, aussitôt après son entrée dans le crâne. Les expériences sur les animaux en ont fourni la preuve ; mais elle se tire également de l'observation des malades hémiplégiques.

Supposons l'hémorrhagie dans l'hémisphère cérébral droit : le malade aura le bras et la jambe gauche paralysés ; mais à la figure c'est le côté droit qui sera paralysé, et les muscles de droite ne résistant plus, la bouche sera déviée, entraînée, vers l'oreille gauche. En y regardant de près, on arrive à voir que sont paralysés du côté de la lésion tous les muscles dont les nerfs partent de la moelle allongée au-dessus

de la région que je vous désignais tout à l'heure, tandis que le côté change pour les nerfs qui naissent au-dessous.

Blessures du cerveau.

La destruction brusque d'une partie du cerveau a, chez l'homme et chez les mammifères, les plus redoutables conséquences. Mais il ne faudrait pas croire, comme on le fait vulgairement, que toute blessure qui pénètre dans le cerveau à travers le crâne brisé doive entraîner toujours ces accidents, et amener fatalement la mort. Les exemples ne sont pas rares de fractures du crâne avec lésion du cerveau et même perte de substance cérébrale, qui n'ont pas eu de conséquences graves.

On raconte qu'un neveu d'un grand ministre, jeune homme fort étourdi, se permit de demander à son oncle le commandement d'un régiment : « Me pensez-vous fou, reprit l'autre, de confier des soldats du Roi à un fat sans cervelle? » Le neveu partit, simple cornette, et, dans une charge, il eut l'os frontal brisé par un éclat de bombe. Il ne reprit connaissance qu'en sentant les chirurgiens panser sa plaie et qu'en les entendant se lamenter de ce que la cervelle en sortait : « Prenez-la, dit-il, et l'envoyez à mon oncle, pour lui montrer que j'en ai! » Le courageux enfant survécut, et fut récompensé selon ses mérites.

C'est qu'il n'y avait pas, dans ce cas, comme dans l'apoplexie, compression par le sang épanché de parties où la circulation ne peut plus se faire; c'est, de plus, que la lésion était superficielle. Tandis que lorsque l'apoplexie se fait dans les parties profondes elle coupe pour ainsi dire, le passage aux relais de presque tout l'hémisphère avec le reste du corps.

D'un autre côté, des destructions lentes ont

dans des conditions qui ne sont pas suffisamment déterminées, faire disparaître, sans trouble saisissable, des parties fort étendues, un hémisphère même tout entier.

Ces troubles dans la locomotion, après l'ablation de tout ou partie d'un hémisphère, ne se manifestent que chez l'homme et les mammifères supérieurs. Chez les autres vertébrés, il semble qu'il n'y ait rien de changé. Bien plus, la suppression du cerveau tout entier ne paraîtrait pas à un observateur superficiel avoir beaucoup modifié l'animal.

Ablation du cerveau.

Une grenouille sans cerveau se tient congruement accroupie sur ses quatre pattes; si on la pince, elle saute en criant; si on la jette à l'eau, elle nage; si à la surface du vase elle rencontre un corps flottant, elle grimpe dessus et s'y repose. Si on lui met sur le flanc une goutte d'acide qui la brûle, elle se gratte avec la patte postérieure du même côté; coupe-t-on cette patte, elle s'efforce avec celle du côté opposé de soulager le point douloureux.

Un pigeon qui a subi la même opération se tient à son perchoir, et s'y cramponne quand on le fait osciller; il tressaute aux bruits violents, suit des yeux une lumière qui tourne; jeté en l'air, il vole régulièrement; si on lui porte du grain dans l'arrière-bouche, il l'avale, le digère, s'en nourrit, si bien qu'on peut, avec des soins suffisants, le garder vivant des mois entiers.

Un chat nouveau-né ainsi mutilé crie en agitant les pattes quand on le pince, et tette avidement le doigt qu'on met dans sa bouche; mais les mammifères meurent toujours des suites de cette affreuse blessure.

En un mot, tous les actes qui concourent à la nutrition : respiration, circulation, digestion, absorption, sécrétion, élimination, s'exécutent régulièrement sans cerveau. Il en est de même pour tous les mouvements qui mettent l'animal en relation avec le monde extérieur, et auxquels le cerveau commande ordinairement.

Qu'y a-t-il donc de disparu? Ce qui fait l'animal même : l'intelligence, la volonté.

Cette grenouille et ce pigeon, que vous conserverez en vie, resteront éternellement immobiles, si aucun excitant extérieur ne vient les troubler. Le pigeon, jeté en l'air, volera droit devant lui, sans souci des obstacles, et il ira jusqu'à ce qu'il se heurte, ou que ses ailes fatiguées refusent le service. La nourriture qu'il avale quand on la lui enfonce dans l'arrière-bouche, il est incapable de la chercher, de la saisir spontanément. Il n'y a plus là que la machine-pigeon, que la machine-grenouille; l'animal, le mécanicien, n'y est plus.

Ces expériences et les milliers de faits de l'observation pathologique le prouvent : ce sont les hémisphères cérébraux qui sont les organes immédiats par lesquels l'intelligence agit sur le corps, lui commande, le dirige. Et, plus spécialement, dans le cerveau, c'est la substance grise, c'est l'amas des cellules cérébrales, auquel est dévolu ce rôle capital. Toute lésion de cette région importante retentira sur l'intelligence, et il en sera de même pour les lésions des parties qui mettent régulièrement en rapport les uns avec les autres, par une action harmonique et commune, les divers points des hémisphères. Réciproquement, toute altération de l'intel-

ligence concorde avec ces diverses et si variées lésions cérébrales.

Localisations cérébrales.

On a essayé de faire un pas de plus et de chercher si le fonctionnement des différentes parties du cerveau ne serait pas en rapport avec ce que les psychologues ont appelé les facultés de l'âme : volonté, sensibilité, imagination, etc. Tout ce qui a été fait dans cette direction, je me hâte de vous le dire, a été absolument vain.

La plus célèbre de ces tentatives de *localisations cérébrales*, suivant l'expression consacrée, est celle du docteur Gall. Cet Allemand, auteur de beaux travaux anatomiques sur la structure du cerveau, crut avoir trouvé un rapport constant entre le développement de certaines régions du cerveau et celui de certaines facultés ; et comme il pensait que la configuration extérieure du crâne représente exactement la surface cérébrale, il prétendit que les saillies et les creux qu'on y remarque donnent des indications précises sur les tendances intellectuelles ou morales de l'individu observé. De là ce qu'on appela pompeusement la *méthode phrénologique* (φρήν, *phrên*, esprit), et que le bon sens public baptisa du nom moins révérencieux de *système des bosses*. Vous avez toutes vu, chez les marchands de curiosités, des têtes en plâtre dont le crâne est divisé en une trentaine de petits carreaux inégaux et irréguliers, et sur lesquels on lit : courage, destruction, mémoire des mots, affection, orgueil, etc. Armés de cette carte singulière, les phrénologues ont prétendu faire l'histoire intellectuelle et morale d'un homme en lui palpant la tête ; que dis-je, ils ont prétendu prédire celle d'un enfant et, par suite, réformer toute l'éducation.

Et sur quelles bases s'appuyaient de telles affirmations? Sur l'observation de la tête des hommes illustres, des criminels fameux, sur celle des animaux caractérisés par quelque développement instinctif extrême. C'est ainsi que les phrénologues ont mis à contribution, sans grand souci des vraisemblances, des bustes d'Homère, des portraits de saint Antoine et de Moïse; c'est ainsi que le chef de l'École a montré que les grands généraux ont la tête élargie en arrière, à la façon du serpent, etc. L'histoire de la phrénologie est pleine des déconvenues les plus burlesques. L'une des plus comiques a eu pour objet un crâne de Raphaël, conservé à l'académie de Saint-Luc, où Gall lui-même reconnut avec attendrissement les bosses caractéristiques des qualités de cet homme de génie, crâne qui fut moulé et commenté par les plus habiles phrénologues et donné comme type d'analyse. Mais il arriva que le pape Grégoire XVI ayant fait ouvrir le cercueil de Raphaël, le squelette du grand peintre y fut trouvé au complet: et l'on découvrit que le noble crâne tant analysé était simplement celui d'un chanoine romain, nommé Adjutori.

Maintes histoires donnent à penser que Gall n'attachait pas grand'foi à sa prétendue théorie. C'était un homme d'une grande souplesse d'esprit, et qu'on ne prenait jamais sans vert. Un jour, professant à l'Athénée (car il était venu habiter Paris), devant un auditoire enthousiaste où les femmes étaient en nombre, il s'avisa de dire que « les femmes ont très développée la bosse de l'entêtement » (cette bosse est située, selon les phrénologues, sur le haut de la tête, partie très accentuée chez le mouton, animal têtu). Grand

émoi dans l'auditoire : rires et murmures. Gall s'informe, et s'excusant sur son peu d'habitude de la langue française : « ce n'est pas la *posse* de l'*endèdement*, dit-il, je voulais dire la *posse de la gonstance!* » On applaudit à tout rompre ; c'est l'un des beaux succès de la méthode phrénologique.

Il ne vaudrait pas la peine de tant insister sur « un tissu d'assertions arbitraires, qui ne reposent sur aucun fondement réel » (J. Müller), si la phrénologie n'avait eu de nombreux adeptes, et si elle n'avait, par l'audace et la légèreté de ses affirmations, compromis une thèse qui n'est pas absurde en soi, tant s'en faut, celle des localisations cérébrales.

Sur ce point, ce que nous savons se réduit à bien peu de choses, en dehors des relations que je vous ai, il y a quelques instants, signalées entre les mouvements des membres et certaines circonvolutions cérébrales. A vrai dire même, nous ne connaissons qu'un fait bien précis ; mais il faut avouer qu'il présente une importance capitale.

Aphasie.

On rencontre des malades qui présentent cette anomalie singulière de ne pouvoir parler, non parce qu'ils sont atteints de quelque paralysie du larynx, de la langue ou des lèvres, mais parce qu'ils ont oublié tous les mots. D'ordinaire, ils en conservent trois ou quatre qu'ils répètent à satiété, avec lesquels ils répondent à toutes les questions, se dépitant et s'affligeant de leur triste impuissance. La parole n'est pas seule altérée ; ils ne peuvent très souvent pas plus écrire que parler, et cependant ils comprennent parfaitement ce qu'on leur dit ou leur fait lire. Je me souviens d'avoir observé un de ces malheureux qui n'avait plus, en parlant, à sa disposition qu'un

énorme juron, qu'il appliquait à toutes choses. Ayant voulu lui faire écrire son nom, il n'écrivit ni le nom, ni, comme je m'y étais attendu, son juron favori. Il écrivait en caractères majuscules, et non sans difficultés, à cause d'une paralysie de la main droite, le mot FÉVRIER ; et il suivait sa plume d'un air satisfait. Mais, lui dis-je, ce n'est pas là votre nom ; aussitôt mon homme de s'arracher les cheveux et de recommencer, sans pouvoir sortir de son terrible FEVRIER ; mais cette fois il n'alla pas jusqu'au bout sans s'apercevoir avec désespoir d'une erreur qu'il était impuissant à éviter ou à corriger.

On a réuni un assez grand nombre de faits de cet ordre, très variés dans leurs manifestations, mais répondant toujours à la formule : perte totale ou partielle de la mémoire des mots. Or, dans tous ces cas, lorsqu'on a pu faire l'autopsie, on a trouvé une lésion du cerveau siégeant toujours dans le même point, au voisinage de la scissure de Sylvius, et, dans l'immense majorité des cas, du côté gauche seulement Cette localisation est assez précise pour pouvoir être utilisée en chirurgie ; un homme ayant à la suite d'une chute violente perdu la mémoire des mots, étant, comme on dit, devenu *aphasique* (α, *a*, non ; φάσις, *phasis*, parole), on a appliqué sur la région temporale gauche un instrument nommé *trépan*, fait un trou dans le crâne, et retiré un fragment d'os qui comprimait le cerveau juste au point indiqué : le retour de la parole fut presque instantané.

Les médecins savaient depuis quelque temps déjà qu'il y a un rapport entre les parties antérieures du cerveau et la faculté du langage articulé. L'observa-

tion suivante est restée célèbre : Un soldat ayant une blessure grave de l'os frontal gauche, son cerveau était à nu sur ce point; or, pendant qu'il parlait, il suffisait d'appuyer légèrement sur cet organe pour arrêter net son discours, qui reprenait aussitôt la compression cessée.

Intelligence et volume du cerveau.

Voilà tout ce que nous savons sur les localisations cérébrales envisagées au point de vue intellectuel. Mais j'ai encore quelque chose à vous dire des rapports du cerveau avec l'intelligence.

On a cru pendant longtemps que la symétrie du cerveau, la ressemblance en volume et configuration de ses deux hémisphères, était une condition à peu près indispensable d'une intelligence bien organisée. On sait aujourd'hui que cette régularité n'est rien moins que nécessaire; par une coïncidence assez piquante, le célèbre physiologiste Bichat, qui avait soutenu cette thèse, s'est trouvé avoir un hémisphère beaucoup plus petit que l'autre.

L'encéphale de l'homme blanc pèse en moyenne 1300 grammes; celui de la femme une centaine de grammes en moins. Dans ce chiffre, le cerveau proprement dit représente environ 1200 grammes. L'encéphale des autres mammifères est considérablement moins lourd, sauf pour l'éléphant et la baleine où il peut s'élever à 1800 grammes, alors même que leur corps atteint un poids plus élevé que le nôtre.

Ainsi, l'encéphale du cheval pèse environ 650 grammes, celui du bœuf 500. Celui du gorille, l'animal le plus voisin de nous, dont le poids dépasse le nôtre, est de 550 grammes.

Si l'on cherche le rapport du poids du corps à celui de l'encéphale, on trouve que chez l'homme, il

est environ 50 fois plus considérable, 100 fois chez le chien, 400 fois chez le cheval et jusqu'à 800 fois chez le bœuf. Mais ce mode de comparaison ne permet presque aucune conclusion, sinon que, l'homme excepté, le cerveau est d'autant plus gros par rapport au corps que l'animal est plus petit. Ainsi la souris a, par rapport à son corps, à peu près autant de cerveau que l'homme, et 11 fois plus que l'éléphant.

Si l'on compare maintenant le poids de l'encéphale

Fig. 383. — Tête d'idiot

à celui de la moelle épinière, on voit que chez l'homme le premier pèse environ 50 fois plus que la seconde; chez le chien le rapport tombe à 5, chez le cheval à 2. Cette dernière manière de comparer le système nerveux central de l'homme à celui des animaux est le meilleur moyen de faire ressortir l'extraordinaire supériorité que possède chez nous l'organe de l'intelligence.

Dans l'espèce humaine, les variations de poids de l'encéphale sont assez considérables. Dans l'état d'in-

tégrité de l'intelligence, elles varient environ du simple au double (1830 chez Cuvier, 907 chez une femme australienne et même 872 chez une femme bochismane). Le cerveau des nègres et même celui des Chinois pèse notablement moins, en moyenne, que celui des blancs. Nous reviendrons sur ces faits en étudiant spécialement l'histoire des races humaines.

Toutes les fois que chez un homme blanc, un cerveau pèse moins de 1000 grammes, l'individu qui le portait, a été classé parmi les *idiots* (fig. 353). Ces malheureux, d'une intelligence à peu près nulle et non perfectible, ne peuvent guère s'élever au-dessus de la connaissance des gens qui les approchent, et de quelques notions en rapport avec la satisfaction de leurs besoins et de leurs appétits. On en a observé dont le cerveau ne pesait que 300 grammes ! Ces *microcéphales* (μικρος, *micros*, petit), comme on les appelle, sont très souvent de petite taille, et parfois assez vifs et gais. Tels étaient ces prétendus Aztèques à figure d'oiseau qu'on montrait ces années dernières dans les cirques parisiens (fig. 354).

Fig. 354. — Aztèque.

Mais il y a des idiots à tête ordinaire ou même à grosse tête ceux-ci sont très souvent des *hydrocéphales*, c'est-à-dire ont de l'eau dans le crâne, et n'ont pas pour cela un gros cerveau (fig. 355 et fig. 106, 107, p. 105).

La plupart des hommes éminents, dans toutes les

branches des connaissances humaines, ont eu un gros cerveau, et par suite une grosse tête. Ainsi, le cerveau de Cuvier pesait 1830 grammes, celui de lord Byron 1800 grammes, celui de Schiller 1785 grammes, etc.

D'un autre côté, il semble bien prouvé que d'une

Fig. 335. — Coupe de la tête d'un hydrocéphale, montrant la poche centrale où est contenue l'eau, et le cerveau refoulé.

manière générale, et en moyenne, les hommes instruits ont la tête plus grosse que les ignorants. Ainsi, tout récemment à l'hôpital du Val-de-Grâce, on a constaté que la moyenne de la grosseur de la tête des docteurs en médecine était très supérieure, surtout dans la région frontale, à celle des soldats complètement illettrés. Voici les chiffres :

DIAMÈTRES	DOCTEURS.	SOLDATS.
Longitudinal	85,29	71,15
Transversal (front)	48,91	42,34
Transversal (occiput)	52,58	50,27

Mais il serait difficile de dire si ces hommes avaient plus d'intelligence parce que leur cerveau était plus gros, ou si leur cerveau avait grossi parce qu'ils l'avaient exercé, comme il advient des muscles et de tous les organes que l'on fait travailler.

Tout en admettant, dans ces termes extrêmement généraux, un rapport entre le développement de l'intelligence et celui du cerveau, nous devons bien nous garder de croire que ce rapport soit bien régulier, et qu'il y ait des intelligences de 1200, de 1300, de 1500 grammes. On tomberait dans une étrange erreur en pensant que la balance ou le ruban métrique puissent jamais servir à mesurer l'intelligence. Il y a, dans le cerveau, bien d'autres faits à considérer que le poids total. D'abord, il faudrait, pour comparer des choses comparables, peser exclusivement la matière grise, la matière cellulaire, seule vraiment active. Eut-on même fait cela, qu'on n'en serait pas beaucoup plus avancé, car il faudrait pouvoir tenir compte du nombre des cellules cérébrales, de la complexité de leurs relations anatomiques, et surtout, ce qui sera peut-être éternellement inconnu, de leurs qualités propres.

J'ai cru devoir, cependant, et malgré toutes ces réserves, vous indiquer des relations qui sont intéressantes à connaître, et bien établies dans leur caractère général.

J'en ajouterai une autre. J'ai eu à observer un très grand nombre de crânes de galériens condamnés pour les crimes les plus divers, et d'aliénés atteints de folies les plus variées. Je puis vous affirmer que leurs têtes étaient des plus déplorablement construites : fortement asymétriques, pointues à l'excès,

aplaties sur les tempes, l'occiput, le front, etc.; mais elles n'avaient de commun que leur malformation évidente. Comme je n'avais nul détail sur leur origine, je n'ai pu tenter de rapprocher ces déformations des dispositions vicieuses de l'intelligence, tentative sans doute inutile; mais leur existence était évidente, et le pauvre marchand qui les avait achetés en vue de les revendre aux étudiants en médecine, s'en plaignait pittoresquement : « Ces crânes ne sont pas *marchands* », disait-il.

En résumé, je crois qu'on peut être très intelligent avec une tête relativement petite, et même asymétrique ou mal faite; mais je crois fermement d'autre part qu'en moyenne, les têtes les plus grosses et les mieux proportionnées ont l'avantage.

Voilà tout ce que j'avais à vous dire de scientifiquement établi sur les rapports du cerveau avec l'intelligence. Je reviens maintenant aux mouvements.

Transformation des mouvements volontaires en involontaires.

Si je me suis fait bien comprendre, vous devez voir qu'un mouvement peut être déterminé par deux causes différentes. Il peut être ordonné par la volonté, par un acte cérébral, et dans ce cas, l'excitation motrice part des hémisphères (d'un seul ou des deux à la fois, nous n'en savons rien; nous savons seulement qu'un seul peut suffire), traverse la moelle allongée, puis descend dans la moelle épinière jusqu'aux cellules d'où naît le nerf moteur qui fera contracter le muscle commandé. Le mouvement est dit alors *volontaire*.

Il peut encore procéder d'une excitation périphérique, de la peau, par exemple, qui remonte à la moelle par un nerf de sensibilité, passe de la cellule

sensible réceptive à la cellule motrice excitatrice, de là au nerf et au muscle. Il est dit *réflexe*.

Or, il est très intéressant de voir que des mouvements appris, et par conséquent primitivement volontaires, peuvent devenir absolument réflexes, et même finir par échapper entièrement à l'action de la volonté qui ne peut plus ni les produire, ni les empêcher.

Tels sont, par exemple, les mouvements de la locomotion. L'enfant a lentement et non sans peine appris à les exécuter tous, l'un après l'autre, en se rendant maître petit à petit du jeu de ses muscles, de leur contraction successive ou simultanée, du degré de cette contraction; tout nouveau mouvement nécessite pour lui une éducation nouvelle, et la dernière qu'il fait consiste à lutter musculairement contre les accidents qui troublent son équilibre et menacent de le faire tomber. Mais au bout d'un certain temps, tous ces mouvements s'exécutent d'eux-mêmes, tout à fait en dehors de sa volonté, de son cerveau; il marche comme volait le pigeon sans cerveau, du moins tant qu'aucune difficulté spéciale ne vient attirer son attention; s'il heurte un obstacle, s'il glisse, aussitôt, et avant même qu'il s'en soit rendu compte, tous ses muscles se contractent, tous ceux du moins dont l'action doit arriver à ramener au-dessus de la base de sustentation le centre de gravité momentanément écarté. Son mécanisme va tout seul, et son intelligence peut s'endormir ou vaquer à d'autres soins.

Ce sont là les phénomènes qu'on désigne sous le nom général d'*habitudes*. L'habitude consiste dans la transformation en actes réflexes des actes primitive-

ment volontaires. C'est d'abord une économie de temps dont nous apprendrons bientôt à mesurer la valeur. C'est surtout une économie, en ce sens que le grand chef, l'intelligence, n'a plus à s'occuper des besognes inférieures. Il arrive même qu'elles se font mieux sans lui, et que son intervention gâte tout.

Si le danseur de corde voulait, en s'élançant, décomposer ses mouvements, comme il a dû le faire à ses débuts, il y aurait grand'chance pour qu'il ne pût aller loin. Le pianiste qui joue un morceau par cœur, exécutera d'autant mieux les passages brillants et difficiles par la rapidité des mouvements, qu'il se laissera plus aller, c'est-à-dire que son intelligence surveillera moins ses doigts. Ce qu'il y a de plus difficile dans un métier, ce n'est pas de se rendre maître des mouvements compliqués qu'il exige, ce n'est pas de les répéter sûrement et à volonté, c'est de les faire en les analysant, et, comme dit le Maître d'armes de Molière, par raison démonstrative : tous les professeurs de gymnastique seront unanimes sur ce point.

Supprimer le recours à l'intelligence, qui devient superflu et même dangereux, est donc, en réalité, le but de l'éducation corporelle dans tous les exercices, dans toutes les professions.

Mais cette simplification ne produit pas que des avantages; elle peut, si elle est employée à tort, amener les plus fâcheux résultats. Tel geste mauvais, telle grimace volontaire d'abord, devient absolument réflexe, à ce point que la volonté n'y peut plus rien, et que le mouvement est devenu un *tic*. L'éducation première doit donc veiller avec soin sur les mouvements du corps et de la physionomie; et ces règles, qui trou-

vent leur origine dans la physiologie, sont bien connues des pédagogues dignes de ce beau nom.

Association de mouvements.

Ces mouvements réflexes peuvent présenter une complexité singulière par ce qu'on appelle l'*association*. Un pianiste s'assied au tabouret; immédiatement, et sans qu'il en ait conscience, tout son corps se dispose harmoniquement pour l'usage de l'instrument qu'il n'a pas encore touché; de la tête aux pieds, littéralement, il est prêt, et cependant il ne s'est pas préoccupé d'être prêt. Un lièvre part dans les jambes d'un chasseur; aussitôt la marche s'arrête, les pieds se cramponnent au sol, le fusil s'abat, et sous la double direction de l'œil qui suit le gibier et des muscles de l'épaule, du bras, du tronc, qui le supportent, il se place avec la rapidité de l'éclair de manière à croiser la route du lièvre, tandis que le doigt serre au même instant la détente. Ici, l'association des mouvements est telle, que le départ du gibier produira un commencement d'exécution, alors même que le chasseur aura à l'avance résolu de ne pas tirer. Autant qu'il est permis de juger par analogie, il est certain qu'il aurait exécuté tous ces mouvements alors même que son cerveau eût été enlevé; car son cerveau n'y est entré pour aucune part, et tout s'est passé dans l'appareil médullaire, par un mécanisme antérieurement bien monté, comme il advient du pigeon volant sans cerveau dont je vous ai dit l'histoire.

Association de mouvements avec des sensations ou des idées.

Ces mouvements associés ont leur origine dans une éducation souvent très longue et très pénible. On pourrait en multiplier les exemples.

Mais remarquons que, dans les cas que nous avons cités, les mouvements étaient déterminés par une sensation, une excitation venue du dehors; c'est la vue

du lièvre qui a tout à coup discipliné d'une manière si merveilleuse le corps du chasseur. Mais si je m'arrêtais là, je ne vous aurais pas tout dit, et surtout je ne vous aurais pas dit ce qu'il y a de plus intéressant dans ces phénomènes.

Il est d'observation vulgaire que l'idée d'un objet ou d'une situation peut être réveillée dans notre esprit par différents ordres de sensations. L'idée d'un piano avec toutes ses déductions sensorielles et esthétiques, peut nous venir, soit en voyant ses touches blanches et noires, soit en entendant ses sons. De même, une situation dramatique qui m'aura vivement frappé peut être réveillée tout entière dans ma mémoire par un mot écrit ou parlé, par un son, par une image. Un son ou une image encore peuvent me mettre dans une telle disposition d'esprit qu'une série d'idées, dont quelques-unes ne se sont jamais présentées à moi, peuvent naître dans mon imagination. Enfin une idée peut éveiller ou créer tout un ensemble d'autres idées faisant corps avec elle, et entraînant des conceptions ou nouvelles ou déjà connues. En un mot, il y a des sensations associées à des sensations, des sensations associées à des idées, des idées associées à des idées.

Or, tous les rouages de ce mécanisme intellectuel, dont l'étude appartient, non au physiologiste, mais au *psychologue* (ψυχὴ, *psychè*, âme), peuvent déterminer des mouvements ou être mis en marche par des mouvements; et ici reparaît le rôle du physiologiste. Il y a, en d'autres termes, des sensations et des idées associées à des mouvements, et réciproquement des mouvements associés à des sensations et à des idées.

Nous avons déjà vu des exemples de mouvements

associés à des sensations, et l'on en pourrait citer d'innombrables. C'est ainsi, pour parler de mouvements, les uns volontaires, les autres toujours involontaires, que les muscles de l'oreille moyenne, ceux du pavillon de l'oreille, ceux de la tête, s'accommodent pour entendre un son produit ou que, fait plus curieux encore, ils se disposent de même lorsque l'œil les a avertis qu'un son va être produit, comme il arrive si nous regardons une personne qui remue les lèvres sans proférer aucune parole.

Les mouvements associés à des idées, qu'ils aient été toujours involontaires ou volontaires, à l'origine au moins, ne sont pas plus rares. Ce sont eux, par exemple, qui constituent presque tous les mouvements de la *physionomie* (φύσις, *physis*, nature; γνώμων, *gnômôn*, qui connaît), en comprenant dans le sens de ce mot et les gestes de la face et ceux du corps. Ils ont laissé leur trace dans la formation du langage. C'est ainsi, par exemple, que l'idée d'un acte, d'un fait répugnant, ou même d'une pensée répugnante, suffit pour susciter le même ensemble de mouvements qui accompagne la nausée, suite d'une sensation répugnante elle-même : la lèvre supérieure se relève, les sourcils se froncent, les narines s'écartent, le menton se rapproche du cou, la main s'avance pour repousser,... pour repousser l'idée! C'est que cette idée *écœure*, donne du *dégoût*.

La réciproque de ces faits, l'association de sensations et d'idées à des mouvements, est plus difficile à montrer clairement, et peut-être plus intéressante encore. Cette influence existe incontestablement chez l'homme sain et dans l'état de veille; mais, pour la voir se manifester de manière saisissante, il faut aller

prendre ces exemples chez les malades ou chez les *somnambules*.

Somnambulisme et hypnotisme.

Vous avez tous entendu parler de personnes qui, sans se réveiller, se lèvent, marchent, parlent, écrivent, exécutent les actes les plus compliqués de la vie, et cela tout en restant étrangères au monde extérieur, hormis pour toutes les sensations qui sont en rapport direct avec l'idée primitive qui les guide. Vous savez également qu'il est des personnes qu'on peut mettre dans le même état, en agissant sur elles, pendant la veille, par des pratiques diverses auxquelles le charlatanisme a souvent attribué une influence surnaturelle. Ce sont là les faits dits de *somnambulisme*, soit *spontané*, soit *provoqué*.

On peut obtenir sur des personnes nerveuses l'état somnambulique par les procédés les plus variés; les *passes* des *magnétiseurs* sont les plus connues. Mais il en est de plus simples, et l'on voit des jeunes filles que l'on peut endormir rien qu'en leur faisant regarder fixement un objet brillant placé le plus près possible entre les deux yeux. Quand elles sont ainsi endormies, on peut les réveiller partiellement, les faire causer et même marcher, sans que plus tard, quand elles seront réveillées, elles conservent le moindre souvenir de ce qui s'est passé. Dans cet état *hypnotique* (ὕπνος, *hypnos*, sommeil), c'est le terme scientifique, on a pu obtenir l'insensibilité à un degré suffisant pour pratiquer sans douleur des opérations chirurgicales longues et pénibles.

Avec ou sans l'insensibilité, on peut obtenir la *catalepsie* (κατάληψις, *catalepsis*, saisissement). Cet état étrange consiste dans l'immobilisation prolongée d'une partie du corps ou même du corps tout entier.

On lève le bras du *malade* jusqu'à l'horizontale; il le gardera ainsi pendant une heure, si on ne le rabaisse. On le dispose sur un pied, faisant *renommée :*

Fig. 356. — État hypnotique provoqué par l'apparition soudaine d'une vive lumière.

il reste raide et fixe, ou tombe à terre, d'une pièce.

Il est des personnes qu'on peut mettre dans cet

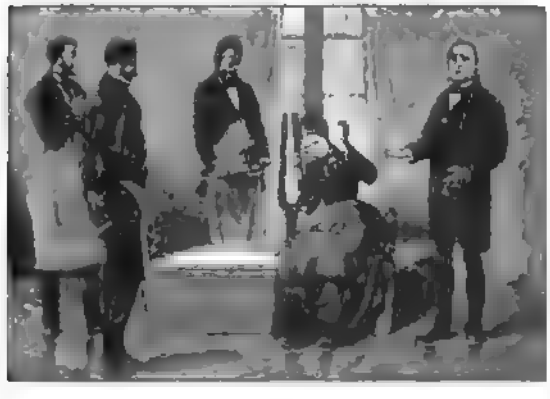


Fig. 357. — Même état provoqué par le son intense d'un fort diapason.

état rien qu'en les surprenant, soit par une vive lumière (fig. 356), soit par un son intense (fig. 357). Mais quand les gens en sont là, ils présentent presque

toujours bien d'autres troubles corporels ou intellectuels.

Les somnambules sont un merveilleux terrain pour l'étude des sensations associées, des idées associées. L'influence du monde extérieur, les sensations multiples qui nous assaillent pendant l'état de veille, ont ici disparu, et le somnambule laisse docilement conduire sa pensée par celui qui la met en jeu. A demi réveillé par son interrogateur, il suit sans effort celui-ci, pour peu qu'il soit habile; un son, un contact, un mot, suscite dans son esprit toute une série de sensations et d'idées, dont on peut à volonté combiner ou décomposer les associations.

Or, un mouvement peut jouer le rôle d'une sensation; il peut être, lui aussi, et *suggestif* de mouvements, et de sensations, et d'idées. Tout cela peut amener des situations très étonnantes et de nature à impressionner vivement les spectateurs.

Histoire d'un somnambule.

Comme je ne puis rester longtemps sur ce sujet, je me bornerai à vous citer l'histoire d'un malade récemment observé, et qui présentait le spectacle d'un somnambulisme à peu près continuel.

Il s'agit d'un soldat, à qui un coup de feu, reçu à Sedan, enleva une partie du pariétal gauche avec un fragment du cerveau.

Après la guérison, survinrent des troubles intellectuels. Au milieu de l'état de santé le plus parfait en apparence, tout à coup, sans convulsions, sans cris, le pauvre soldat perd à la fois la conscience et la notion du monde extérieur. Il ne voit, ne sent, n'entend plus; on le pince sans qu'il retire la main: il a perdu même les actes réflexes par excitation venant du dehors. Et cependant, il reste debout; il

marche, les yeux ouverts, se heurtant aux obstacles, mais les tournant aussitôt, car s'il est insensible aux piqûres, il perçoit parfaitement les objets qu'il touche, et en reconnaît la forme et l'usage.

Ce dernier point se manifeste de la plus curieuse manière. Si on l'assied et lui place dans la main les ustensiles de table, il se met à manger, et mange tranquillement de l'*asa fœtida*, en buvant du vin de quinquina. Si c'est une plume, il commence à écrire. Il voit son papier, car si l'on interpose entre son œil et sa plume une feuille de carton, il s'arrête, car si on lui donne de l'eau au lieu d'encre, il s'étonne et s'arrête ; mais si on lui enlève sa feuille, il continue à écrire sur la feuille sous-jacente, puis sur une troisième, une quatrième, et ainsi de suite, jusqu'à la signature ; et ceci fait, il relit avec satisfaction la dernière page presque blanche, en y corrigeant juste en place les fautes qui réellement existent sur les feuilles enlevées.

Il a été chanteur avant d'être soldat. On fait soudain arriver sur ses yeux un rayon de soleil : il le prend pour les lumières de la *rampe*, se redresse, se rajuste, et se met à chanter avec justesse, avec sentiment. Puis il prend, le sourire aux lèvres, un verre d'eau vinaigrée qu'on lui tend, et le boit en remerciant.

Pendant cet état, il est enclin au vol. Tout ce qu'il rencontre sous sa main, il le saisit et le cache d'un air de mystère, devant les personnes qui l'observent et qu'il ne voit pas, ni n'entend. Il suit son idée fixe, son rêve, voyant, entendant, sentant tout ce qui est nécessaire à l'accomplissement de celui-ci, ne percevant rien autre chose, ni le tabac qu'on lui fume sous le nez, ni la glace qu'on retourne pendant

qu'il se rase, ni l'allumette avec laquelle on lui brûl les cils.

Puis, soudain, il se réveille n'ayant aucun souvenir, aucune notion de ce qui s'est passé. Il reste ainsi raisonnable et très vulgaire jusqu'à la crise prochaine.

Mécanismes cérébro-spinaux.

Vous voyez, pour résumer ces questions difficiles, qu'il y a, dans les systèmes nerveux centraux, des mécanismes tout montés dont la complication va en augmentant avec l'âge : mécanisme des mouvements dans la moelle épinière, mécanisme des sensations et des idées dans les hémisphères cérébraux. Ces mécanismes peuvent être mis en jeu par des excitations sensorielles extérieures; ils peuvent l'être l'un par l'autre. Et ainsi s'engendrent et s'associent en actes intellectuels ou corporels souvent extraordinairement complexes, les mouvements, les sensations, les idées. Ils fonctionnent alors seuls, en dehors de la volonté qui a, le plus souvent, commencé par les organiser pour son propre usage, afin de rester libre pour des actes d'un ordre supérieur. La volonté peut également les mettre en action; enfin ils peuvent, si elle se désintéresse d'eux trop longtemps, s'en rendre indépendants, et, au moment voulu, refuser de lui obéir, soit pour s'ébranler, soit pour s'arrêter. Il faut bien le savoir : toute idée conçue, toute sensation éveillée, tout mouvement produit, laisse trace de son passage dans les centres nerveux, et la volonté pourra quelque jour en souffrir dans sa libre action. Il y a là une vérité physiologique que doivent toujours avoir présente à l'esprit ceux ou celles à qui est confiée l'éducation des enfants.

DOUZIÈME LEÇON

Les nerfs cérébro-spinaux. — Le système du grand sympathique. — Les actes réflexes et sympathiques.

Les nerfs sont formés par l'agglomération des filaments nerveux élémentaires dont je vous ai donné la description dans une de nos dernières leçons (voy. p. 340 et 343). On peut les comparer à des écheveaux dont les éléments nerveux formeraient les fils constituants; une membrane d'enveloppe commune les relie et les protège. A l'œil, ils apparaissent comme des cordons blanchâtres, plus ou moins gros, venant de la moelle épinière ou de l'encéphale, puis se divisant en filaments de moins en moins gros qui finissent par se distribuer en fibres élémentaires, les uns aux fibres musculaires, les autres aux organes de sensibilité.

Diverses sortes de nerfs.

Certaines fibres nerveuses, comme je vous l'ai dit, ramènent aux centres nerveux les excitations venues du dehors; elles sont ainsi *centripètes*, ou, suivant une expression plus fréquente, *sensibles;* d'autres sont *centrifuges* ou *motrices*. Il peut arriver que les écheveaux nerveux, les *nerfs* proprement dits, contiennent seulement des fibres centripètes, ou des fibres centrifuges, ou enfin les deux à la fois : on les appelle, suivant ces différents cas, *nerfs de sensibilité*, *nerfs de mouvement*, *nerfs mixtes*.

LES NERFS CÉRÉBRO-SPINAUX.

Tous les nerfs qui viennent de la moelle épinière sont des nerfs mixtes; ils sont formés, comme je vous l'ai dit, de deux racines, l'une postérieure, sensible, l'autre antérieure, motrice. Il naît ainsi un tronc nerveux, de chaque côté du corps, au niveau de chaque vertèbre (fig. 344, 345 et 358).

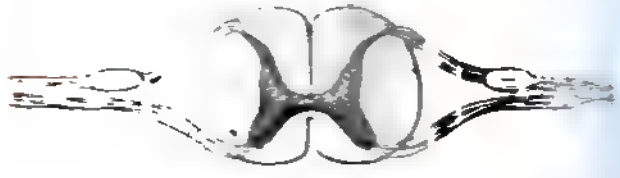


Fig. 358. — Coupe transversale de la moelle épinière montrant la substance grise, la substance blanche, et ses deux racines nerveuses.

Ces nerfs sortent alors par des trous spéciaux, dans l'intervalle des vertèbres, et vont se distribuer dans les organes (fig. 345, p. 372 et fig. 359).

Nerfs intercostaux.

A la région du thorax, le nerf suit l'intervalle intercostal, protégé par une gouttière de la côte supérieure. Il envoie des filaments moteurs qui vont animer les muscles intercostaux. Il envoie également des fibres sensibles qui se rendent à la peau; il y a pour chaque nerf *intercostal* trois branches sensibles qui se dirigent droit sur la peau, et là s'épanouissent en filaments nombreux. La première arrive à la peau non loin de la ligne médiane du dos, en face des masses musculaires qui font mouvoir la colonne vertébrale; la seconde sort à peu près au sommet de la convexité de la côte, environ au milieu de la distance du sternum aux vertèbres; la troisième est en avant.

non loin du sternum. Je vous dirai plus tard pourquoi j'insiste sur ce détail de distribution.

Fig. 359. — Système nerveux du chien. *a*, cerveau; *b*, cervelet; *c*, moelle allongée; *d*, *d*, moelle épinière; *e*, *e*, ganglions spinaux situés sur les racines postérieures des nerfs rachidiens; *f*, *f*, *f*, nerfs intercostaux; les autres ont été coupés près de leur sortie de la colonne vertébrale. *g*, plexus formé par les nerfs des membres antérieurs; *h*, plexus formé par les nerfs des membres postérieurs; *i*, *i*, nerfs pneumogastriques, se rendant au cœur, aux poumons, à l'estomac, etc.; *k*, *k*, *k*, système nerveux ganglionnaire ou grand sympathique; *l*, plexus des nerfs des intestins; *m*, ganglion semi-lunaire et plexus solaire, dont partent plusieurs des branches du système ganglionnaire qui se rendent à l'estomac, au foie, etc.

Au-dessus et au-dessous du thorax, les choses se compliquent singulièrement, à cause de la présence des membres. Nous pouvons considérer ces appen-

dices comme se développant précisément sur le trajet de la seconde branche nerveuse intercostale : la postérieure et l'antérieure, en effet, ne semblent pas modifiées dans leur distribution.

L'énorme masse musculaire et la grande surface cutanée des membres, font que les nerfs qui doivent s'y rendre sont, dès leur origine, beaucoup plus gros que les nerfs intercostaux. La moelle épinière elle-même augmente considérablement de diamètre dans les régions où elle donne naissance aux nerfs des membres, c'est-à-dire au bas du cou pour le membre antérieur, dans la région dorso-lombaire pour le membre postérieur, d'où ce que les anatomistes ont appelé le *renflement cervical* et le *renflement dorsal* de la moelle épinière.

Les nerfs qui se rendent dans le membre antérieur sont au nombre de cinq, qui correspondent aux quatre dernières vertèbres cervicales et à la première vertèbre dorsale. Ils se réunissent, s'entrecroisent, s'intriquent d'une manière singulièrement compliquée (c'est ce que les anatomistes appellent un *plexus*, du latin *plectere*, entrelacer); de ce lacis sortent ensuite plusieurs nerfs, qui se rendent aux diverses parties du bras. On leur a donné des noms qui expriment leur mode de cheminement ou de distribution : nerf *radial*, qui suit le radius; nerf *cubital*, le cubital; nerf *médian*, qui se place entre eux et qu'on rencontre à la saignée du bras. Le nerf cubital présente une particularité intéressante : il passe en arrière dans une gouttière du coude. Là, il est presque superficiel et appuie sur un plan osseux; il en résulte qu'il peut être facilement froissé, et c'est en effet ce qui arrive souvent : on ressent alors une assez vive douleur

non seulement au coude, mais dans le petit doigt ; nous aurons à revenir sur ce fait curieux.

Les nerfs du membre postérieur sont également au nombre de cinq, provenant des cinq vertèbres lombaires. Ils se réunissent comme ceux d'en haut, pour former le *plexus lombaire*, duquel sortent deux nerfs principaux, le nerf *crural* et le nerf *sciatique*.

Le nerf crural descend à la partie interne de la cuisse; il accompagne l'artère et la veine du même nom. Le nerf sciatique, qui est le plus considérable du corps, passe à la partie postérieure de la cuisse, et va animer la plus grande partie des muscles du membre.

Je laisse de côté les détails : ils sont innombrables, et leur étude demande des mois entiers aux étudiants en médecine. Mais vous voyez que chacun des membres représente en quelque sorte cinq appendices latéraux, ayant relation avec cinq nerfs : l'antérieur correspond réellement à la région du cou; le postérieur, à la région des lombes, là où les côtes sont réduites à de toutes petites saillies vertébrales. Et cette origine quintuple se rapporte d'une manière remarquable avec les cinq doigts qui constituent la main normale des mammifères.

Je n'ai plus à vous parler que d'un seul des nerfs qui naissent de la moelle épinière; c'est du nerf *phrénique* (φρένες, *phrénés*, le diaphragme), si important par le rôle qu'il joue dans la respiration en innervant le muscle diaphragme. Par une singularité que l'histoire de l'embryologie explique, ce nerf naît des troisième, quatrième et cinquième paires cervicales; il descend ensuite en traversant de haut en bas toute la poitrine, jusqu'à la rencontre de

la cloison musculaire qu'il est chargé d'animer.

Nerfs encéphaliques.

Je crois inutile de vous en dire davantage sur les nerfs issus de la moelle épinière. Ceux qui viennent de l'encéphale nous arrêteront davantage : on en compte douze, de chaque côté, bien entendu, d'où l'appellation bien connue des *douze paires de nerfs crâniens*. Les anatomistes les décrivent ordinairement et les numérotent en partant d'avant en arrière.

Je procéderai autrement, et vous ferai grâce de l'étude détaillée de leur lieu d'origine, des trous par lesquels ils sortent de la boîte osseuse crânienne, de leur distribution terminale.

Ces nerfs ne sont pas tous mixtes, comme les nerfs médullaires : tant s'en faut. Il en est d'exclusivement moteurs, il en est d'exclusivement sensitifs, et, parmi eux, qui sont en rapport avec des sensations spéciales : olfactives, visuelles, auditives, gustatives.

Commençons par ceux-ci.

Nerfs de sensibilité spéciale.

Le nerf *olfactif* porte le n° 1 dans la nomenclature anatomique. Il naît à la partie antérieure et inférieure de l'encéphale, et donne naissance à de nombreux filets qui s'étalent sur la voûte des fosses nasales. Chez les animaux qui, comme le chien, ont un odorat très développé, il est très volumineux, à ce point que les anatomistes le désignent sous le nom de *lobe olfactif*.

Le nerf *optique* a le n° 2 ; il paraît naître des tubercules quadrijumeaux, dits souvent, par suite, *lobes optiques* (fig. 348, p. 377). Sa distribution présente une particularité très singulière et très importante : Le nerf optique droit ne se rend pas exclusivement à l'œil droit, et réciproquement. Peu après leur sortie du centre nerveux d'origine, encore dans le

crâne, les deux nerfs s'entrecroisent, en formant ce qu'on appelle le *chiasma* (χίασμα, *chiasma*, entrecroisement) des nerfs optiques. Là se fait un échange de fibres, une partie de celles du nerf de droite passant à gauche et réciproquement (fig. 360).

Le nerf *auditif* est dit aussi nerf de la 8e paire : c'est dire qu'il naît assez en arrière. Sorti de la moelle allongée, il pénètre dans un canal creusé dans l'os temporal; arrivé au voisinage de l'appareil auditif, il se divise en deux branches : l'une,

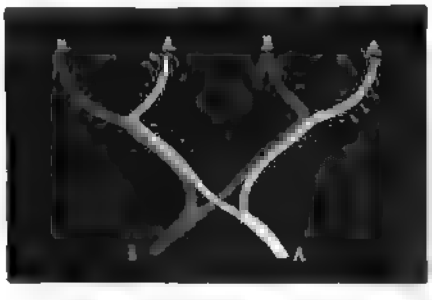


Fig. 360. — *Chiasma* des nerfs optiques, A, nerf optique droit; B, nerf gauche.

dite *cochléenne* (κόχλος, *cochlos*, limaçon), va au limaçon; l'autre, dite *vestibulaire*, se rend au vestibule et aux canaux demi-circulaires.

Les nerfs *gustatifs* ne sont pas aussi nettement localisés ; ils sont confondus avec d'autres fibres nerveuses qui ne rapportent que des impressions de sensibilité générale. Ceux qui animent la partie antérieure de la langue viennent de la 5e paire; ceux de la partie postérieure de la 9e.

Nerfs moteurs de l'œil.

La 3e, la 4e et la 6e paire de nerfs crâniens sont exclusivement motrices et se rendent aux muscles moteurs de l'œil. La 3e, ou *nerf moteur-oculaire commun*, fait contracter tous les muscles de l'œil (sauf

le grand oblique et le droit externe), et aussi le muscle qui relève la paupière supérieure. De là vient que, lorsqu'il est paralysé, comme cela arrive souvent sans lésion du cerveau par la simple action du froid, non seulement l'œil ne peut plus se mouvoir, mais la paupière supérieure retombe et le ferme. De plus, ce nerf agit pour rétrécir le champ de la pupille en faisant contracter les fibres circulaires de l'iris. Aussi la pupille est-elle dilatée chez les malades qui en sont paralysés.

La 4e paire, ou *nerf pathétique*, doit son nom à ce qu'il anime le muscle grand oblique de l'œil, celui qui amène la pupille en bas et en dehors.

La 6e paire, *moteur oculaire externe*, va au muscle droit externe de l'œil.

Nerf trijumeau. Le nerf de la 5e paire est d'une très grande importance; il a ce point de ressemblance avec les nerfs médullaires, qu'il possède deux racines, l'une motrice, l'autre sensible. On lui donne le nom de *nerf trijumeau*, parce qu'il se divise en trois branches. La première branche est dite *ophthalmique*, parce qu'elle se rend à diverses parties de l'œil et aux régions voisines; la deuxième est le *maxillaire supérieur*, qui reçoit les fibres nerveuses sensibles des dents de la mâchoire supérieure et d'une partie de la face; la troisième est le *nerf maxillaire inférieur*, lequel contient des fibres sensibles venant des dents de la mâchoire inférieure et de la peau de la face, d'autres fibres sensibles qui constituent le nerf *lingual*, nerf gustatif de la partie antérieure de la langue, et enfin des fibres motrices qui animent les muscles de la mastication.

Nerf facial. Le nerf *facial* ou de la 7e paire préside aux mou-

vements de presque tous les muscles de la face. Aussi sa paralysie, qui n'est pas rare, et qui a souvent lieu sous l'action du froid, a pour conséquence une déviation singulière de la face, dont je vous ai déjà parlé (V. p. 385). Un acteur comique anglais, célèbre par ses grimaces étranges, devait une part de son succès à une paralysie faciale qui établissait une inégalité bizarre entre les deux parties de sa figure.

Nerf glosso-pharyngien.

La 9e paire ou *glosso-pharyngien* (γλῶσσα, *glôssa*, langue) va comme son nom l'indique à la langue, au pharynx, et aux parties voisines de l'arrière-bouche; il contient des fibres gustatives venant de la langue, des fibres sensitives ordinaires et des fibres motrices. C'est son excitation qui donne lieu aux nausées et aux efforts de vomissement qu'on observe lorsqu'on touche le fond de la gorge.

La 10e paire ne se distribue pas à la face ou aux organes de la tête; sortie du crâne, elle descend le long du cou, et s'en va très loin dans la poitrine et même dans l'abdomen. On l'appelle le nerf *pneumo-gastrique*.

Nerf pneumo-gastrique.

Si on voulait désigner par une énumération complète les organes auxquels se distribue ce gros tronc nerveux, il faudrait dire nerf *laryngo-œsophago-pneumo-cardio-hépato-gastrique*, car il va au larynx, à l'œsophage, au poumon, au cœur, au foie, à l'estomac, et, pour chacun de ces organes, il contient des fibres nerveuses centripètes et des fibres nerveuses centrifuges. C'est lui, par exemple, qui fait contracter les petites bronches et facilite ainsi l'expulsion de certaines mucosités; c'est lui qui préside aux contractions de l'œsophage et de l'estomac.

Nerfs d'arrêt.

Mais son histoire est, à certain point de vue, plus

curieuse que celle des autres nerfs; ou du moins elle va nous apprendre des faits nouveaux et tout à fait inattendus. Jusqu'ici, en effet, nous avons vu l'excitation des nerfs moteurs amener des mouvements directs par contraction des muscles auxquels ils se rendent, et celle des nerfs sensitifs en amener d'autres, plus généraux, d'ordre réflexe ou volontaire, par suite de l'action de ricochet qui s'exerce dans les centres nerveux. Ici, nous allons trouver des fibres sensitives dont l'excitation arrête des mouvements déjà en action, et des fibres centrifuges qui se rendent à des muscles, et qui cependant, au lieu de les faire contracter, les arrêtent tandis qu'ils se contractent déjà. Ce sont les nerfs d'*arrêt* ou *suspenseurs*, une des pierres d'achoppement de la physiologie. Voyons cela d'un peu près.

Lorsqu'on met à découvert le nerf pneumo-gastrique à la région moyenne du cou, où il descend à côté de l'artère carotide et de la veine jugulaire interne, et qu'on l'excite, on constate qu'aussitôt le cœur cesse de battre pendant un temps plus ou moins long, comme un quart de minute, une demi-minute; puis les battements recommencent, alors même que l'excitation continue. En examinant le phénomène avec attention, on voit que le cœur s'est arrêté, relâché, en état de paralysie, en état de *diastole* (διαστέλλω, *diastellô*, je dilate), comme disent les physiologistes.

Si, d'autre part, on coupe le nerf en travers, les battements du cœur s'exagèrent beaucoup en rapidité. Si, enfin, pour compléter l'analyse, on excite l'un et l'autre bout du nerf ainsi coupé, on voit que c'est celui qui se rend au cœur, le bout *périphérique*, qui en arrête les battements.

Voici donc un nerf qui se rend à un muscle, car le cœur est, suivant l'expression des anciens anatomistes, un muscle creux, et dont cependant l'excitation, bien loin de faire contracter ce muscle comme nous l'avons toujours vu jusqu'ici, le fait se relâcher lorsqu'il est déjà en action.

Pareille excitation peut venir du centre nerveux encéphalique lui-même, qui commande alors un arrêt du cœur. C'est ce qui arrive dans l'accident connu sous le nom de *syncope*.

Lorsqu'une personne *se trouve mal*, comme on dit vulgairement, une irritation centrale dont les causes sur lesquelles je reviendrai peuvent être très multiples, a agi sur les origines du nerf pneumo-gastrique et de là sur le cœur pour arrêter ou, du moins, pour diminuer ses battements en nombre et en énergie.

Cette excitation des origines du pneumo-gastrique peut avoir lieu par voie réflexe. Une très vive douleur, par exemple, amène souvent la syncope. Ainsi, aux actes réflexes qui ont pour conséquence un mouvement, vous voyez qu'il faut en joindre d'une autre espèce, ayant pour conséquence une cessation de mouvement.

Ce même nerf pneumo-gastrique nous en montre un nouvel exemple. Lorsque, en effet, on l'a coupé dans la région du cou, et qu'on en excite le bout resté en rapport avec l'encéphale, le bout *central*, comme disent les physiologistes, on voit s'arrêter aussitôt non plus le cœur, mais la respiration. Dans certaines circonstances même, elle ne revient pas, et l'animal meurt.

On peut obtenir ces résultats curieux non seulement en excitant ainsi les fibres centripètes du nerf

pneumo-gastrique qui président à la sensibilité des bronches et des poumons, mais encore en excitant le nerf dit *laryngé supérieur*, d'où dépend la sensibilité du larynx, ou enfin le nerf *nasal*, qui anime les narines. Ces nerfs, ces *sentinelles* de la respiration, comme on peut les appeler, qui veillent aux trois portes successives de l'appareil respiratoire, ralentissent ou même suspendent cette fonction si importante, lorsqu'ils sont violemment excités.

Ainsi, la chute d'une goutte d'eau dans le larynx a d'ordinaire pour conséquence un ensemble de mouvements réflexes qui constituent la *toux;* de même, le chatouillement des narines produit l'*éternuement*, deux actes expulsifs énergiques. Mais si ces diverses excitations sont suffisamment énergiques, la respiration est suspendue ou même arrêtée. Toutes les personnes dans le larynx desquelles est tombée une substance très irritante, comme quelques gouttes d'une liqueur alcoolique, ont éprouvé des symptômes d'angoisse et de suffocation avant de tousser. C'est le même accident, poussé plus loin encore, qui a amené si souvent la mort chez des enfants ayant introduit dans leur larynx un haricot, lequel certes est incapable de l'oblitérer complètement, et, par suite, de tuer par asphyxie. C'est là aussi, sans doute, la cause de la mort soudaine des boxeurs frappés d'un violent coup de poing sur le nez.

Dans tous ces cas, l'action centripète des *nerfs-sentinelles* a pour conséquence la suspension de la respiration, sans doute par suite d'une excitation trop forte de la région du *nœud vital*, du centre respiratoire, d'où ils naissent. Voilà donc un second cas d'acte réflexe suspenseur du mouvement.

La section d'un des deux nerfs pneumo-gastriques n'est pas suivie d'accidents graves. Mais la section des deux nerfs amène toujours la mort dans un temps qui, chez les animaux, varie de deux ou trois jours à un mois.

Cette terminaison fatale semble facile à expliquer, puisque l'opération a eu pour conséquence de supprimer les mouvements de l'estomac, de l'œsophage, des bronches, du larynx, la sensibilité de ces organes, d'altérer les mouvements du cœur. Mais une analyse très attentive des phénomènes a montré que la vraie cause de la mort est la séparation des centres nerveux d'avec les poumons, par suite de la section des nerfs centripètes venant de ces organes. Il semble que le centre respiratoire n'étant plus renseigné sur l'état des échanges gazeux dans le poumon, ne sait plus quand il faut commander et dans quelle mesure il faut commander les mouvements respiratoires. Aussi ceux-ci sont-ils troublés immédiatement après la double section; ils deviennent plus rares, d'une amplitude énorme, et ce trouble dans leur rhythme étant persévérant, finit par entraîner des altérations de l'organe respiratoire qui en suppriment la fonction et se terminent par l'asphyxie.

Nerf spinal.

La 11e paire des nerfs crâniens a nom *nerf spinal;* ses fibres, exclusivement motrices, sont presque toutes destinées aux muscles du larynx. Celles-ci, par une sorte d'emprunt dont le système nerveux offre bien des exemples, se joignent presque aussitôt après leur sortie du crâne au pneumo-gastrique et se confondent avec lui, si bien que c'est lui qui semble innerver le larynx. Il ne le fait que grâce aux fibres du spinal; quand celles-ci sont coupées, la

voix cesse, par la paralysie des muscles laryngés et particulièrement des cordes vocales.

Nerf hypoglosse. Enfin, la douzième et dernière paire est l'*hypoglosse*, qui, ainsi que son nom l'indique, passe sous la langue, il fournit à ses muscles des filets moteurs.

Tels sont, envisagés à grands traits, les *nerfs qui* proviennent des centres nerveux encéphaliques et de la moelle épinière, ou, comme on dit souvent, les nerfs *encéphalo-rachidiens*. Vous voyez qu'ils commandent le mouvement à tous les muscles qui, dans l'organisme, obéissent aux ordres de la volonté, depuis les muscles de la face jusqu'à ceux des orteils. Ce sont eux qui servent de conducteurs aux impressions sensitives dont nous avons une conscience claire, depuis les simples attouchements de la peau jusqu'aux délicates impressions visuelles.

LE SYSTÈME DU GRAND SYMPATHIQUE.

Mais, sauf quelques exceptions dont les plus importantes sont présentées par le nerf phrénique et le nerf pneumo-gastrique, le système nerveux céphalo-rachidien n'a rien à voir avec les organes cachés dans les grandes cavités du thorax et de l'abdomen. Les sécrétions digestives, l'excrétion urinaire, les mouvements de l'intestin, se passent en dehors de lui. Il peut bien arrêter les battements du cœur, mais ce n'est pas lui qui le fait mouvoir. Ce n'est pas lui qui commande à tant d'actions inconscientes : sécrétion de la sueur, mouvements de l'intestin, contraction ou dilatation des vaisseaux sanguins, etc.

Ce rôle si important, plus important peut-être que

celui du système céphalo-rachidien, puisqu'il tient sous sa dépendance les organes fondamentaux, est dévolu à un ensemble de nerfs auxquels d'anciennes idées théoriques ont fait donner le nom de système du *grand sympathique*.

Je dois maintenant vous en parler.

Ganglions et nerfs sympathiques

Lorsqu'on ouvre le thorax d'un mammifère, si on enlève le cœur, les poumons, les gros vaisseaux, on aperçoit de chaque côté de la colonne vertébrale, dans la gouttière que forme la concavité des côtes, une série de petits corps blanchâtres réunis par un cordon comme les grains d'un chapelet, et desquels partent des nerfs dans plusieurs directions (voy. fig. 339, p. 411).

C'est la partie thoracique du système grand sympathique. Les petits corps sont des centres nerveux, au même titre que la moelle épinière, c'est-à-dire des agglomérations de cellules nerveuses; on les nomme *ganglions*. Quant aux nerfs, ils vont se rendre, après des trajets souvent extraordinairement compliqués, sur les organes voisins.

Les ganglions du sympathique n'ont pas dans les autres régions du corps cette disposition régulière. Ils sont disséminés comme au hasard, et l'on en trouve partout, dans tous les organes ou à leur voisinage; il en existe sur les intestins, dans les parois du cœur, près des glandes salivaires, etc. Souvent ils sont extrêmement petits, composés de très peu de cellules; on rencontre même des cellules sympathiques isolées.

Les nerfs qui mettent en rapport ces diverses et innombrables parties du système sympathique, ne sont pas non plus partout, comme au thorax, nette-

ment isolés. Tant s'en faut, Le plus souvent, ils se joignent aux nerfs du système céphalo-rachidien, les accompagnent plus ou moins loin, et ne se séparent d'eux qu'en arrivant tout près des organes auxquels ils sont destinés. En ajoutant que les ganglions du sympathique reçoivent des nerfs que leur envoie directement la moelle épinière (voy. fig. 345, p. 373) je vous aurai donné une idée de la complexité singulière et vraiment effrayante pour ceux qui ont besoin de la connaître à fond, de ce système nerveux.

Les nerfs qui sortent des ganglions sympathiques sont les uns centrifuges, commandant des mouvements ou des arrêts de mouvements, les autres, centripètes : je n'ose dire de sensibilité, car nous n'avons nulle conscience des impressions qu'ils rapportent à l'état sain, bien qu'ils deviennent très sensibles, lorsqu'ils sont enflammés. Ainsi les nerfs qui, comme le nerf sciatique, reçoivent, accolées aux fibres du système céphalo-rachidien, celles du système sympathique, contiennent quatre espèces de fibres nerveuses, deux centripètes et deux centrifuges.

Pouvoir réflexe des ganglions sympathiques.

Une autre conséquence de ce que je viens de vous dire, c'est que les ganglions sympathiques peuvent être et sont, en effet, le lieu d'actions réflexes au même titre que la moelle épinière. Je veux vous en donner comme preuve une expérience célèbre, due à Cl. Bernard, et qui va vous révéler certaines propriétés du système nerveux dont je ne vous ai pas encore parlé.

Vous savez toutes, et je vous l'ai rappelé en parlant de la digestion, que l'excitation de la langue par une substance sapide a pour conséquence une sécrétion abondante de salive. Il y a, nous pouvons le dire

maintenant, un acte réflexe remontant de la terminaison du nerf sensible jusqu'à son origine médullaire, et redescendant par un nerf centrifuge pour commander non un mouvement, comme dans les actes réflexes ordinaires, mais une sécrétion.

Prenons, pour analyser le phénomène, la glande salivaire sous-maxillaire, et permettez-moi de vous décrire l'expérience, comme si je la faisais devant vous sur l'animal vivant. Je mets la glande à découvert, ainsi que les nerfs et les vaisseaux qui s'y rendent, et, pour apprécier plus aisément l'intensité de la sécrétion, j'introduis dans le canal excréteur de la glande un petit tube d'argent. Je place sur la langue de l'animal quelques grains de sel ; aussitôt après, voici que la salive, qui d'abord ne coulait pas, s'épanche en gouttes rapides et claires par le tube excréteur. J'enlève le sel et lave la langue : toute sécrétion s'arrête.

Vous voyez, le long du conduit de la glande, un nerf assez fin (fig. 361, CT); il provient du nerf facial, mais par un de ces emprunts dont je vous ai déjà parlé, il l'a quitté d'assez bonne heure, et s'est adjoint à une des branches du nerf trijumeau, le nerf lingual NL. Comme pour faire ainsi l'école buissonnière, il a dû traverser la cavité du tympan, on le nomme *corde du tympan*. Je coupe ce nerf en A, puis je place du sel sur la langue : je n'obtiens plus que quelques gouttes de salive qui diffèrent de la salive obtenue précédemment; elles sont gluantes, visqueuses. J'excite alors le bout du nerf, le bout périphérique, celui qui tient à la glande, bien entendu : aussitôt, abondante et claire sécrétion. C'est donc la corde du tympan qui est le nerf centrifuge, venant

des centres céphalo-rachidiens, dans l'acte réflexe qui amène la sécrétion. Nous aurons à revenir sur son rôle, qui est singulièrement complexe.

Mais arrivons au système du sympathique. Vous voyez, entre le nerf lingual et la corde du tympan, un petit corps blanc : c'est le ganglion sympathique

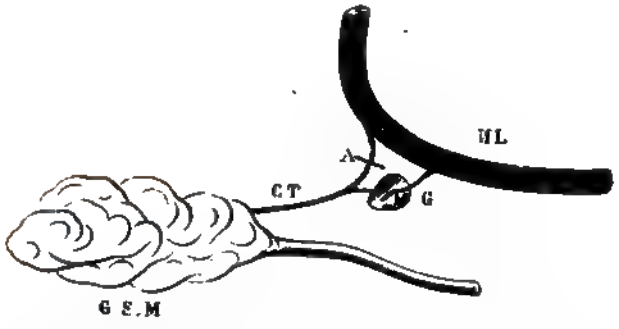


Fig. 381. — Disposition de l'expérience sur la sécrétion salivaire (figure schématique) : G. S. M., glande sous-maxillaire; NL, nerf lingual, CT, Corde du tympan, G, Ganglion sympathique.

dit *sous-maxillaire* (G). Il reçoit des filets nerveux du nerf lingual et en émet d'autres qui se rendent à la corde du tympan.

Or si, après avoir coupé la corde du tympan en A, afin d'isoler complètement le ganglion des centres nerveux cérébro-rachidiens, je viens soit à exciter le nerf lingual, soit à irriter violemment la langue, j'obtiens encore une salivation — différente d'aspect, il est vrai, de celle que donnait la corde du tympan, car elle est épaisse et visqueuse, comme je viens de vous le dire, — mais dont l'apparition prouve d'une manière nette l'action réflexe qui s'est passée dans le ganglion sous-maxillaire.

Voici donc cette propriété démontrée par l'exemple que je viens de vous citer. Il est permis d'en conclure,

par analogie, qu'elle existe chez tous les autres ganglions. Parmi eux, je ne vous citerai, à cause de l'importance de leur rôle, que les ganglions du cœur. Cachés dans les sillons qui séparent les cavités de cet organe, ce sont eux qui président à ses mouvements, et c'est en eux que se passent les actes réflexes qui en modifient ou le rhythme ou la force.

Je n'insiste pas davantage aujourd'hui sur les propriétés réflexes des ganglions du sympathique ; nous verrons plus tard à nous servir de cette importante notion.

Nerfs d'arrêt sympathiques.

Les nerfs sympathiques peuvent donc produire des sécrétions et des mouvements. Il en est qui peuvent également arrêter des mouvements déjà produits.

Je vous ai parlé, à propos de la digestion, des contractions dites péristaltiques que suscite dans la membrane musculaire de l'intestin la présence des aliments, et qui servent à les faire progresser. Lorsqu'on ouvre l'abdomen d'un animal vivant, le contact de l'air exagère à un tel degré ces mouvements que les intestins se tordent comme feraient des serpents. Or si, à ce moment, on excite certain nerf sympathique, que les anatomistes appellent *grand splanchnique* (σπλάγχνον, *splanchnon*, viscère), aussitôt tout s'arrête pendant quelques instants.

Nerfs de l'iris.

Les nerfs sympathiques jouent encore un autre rôle, bien plus important et bien plus curieux. Je vous ai signalé, il y a un moment, le grand cordon sympathique qui accompagne au cou le nerf pneumogastrique, et qui même, chez le chien, se confond avec lui. Au siècle dernier, Pourfour du Petit remarqua que, lorsqu'on le coupe, la pupille de l'œil

correspondant se rétrécit singulièrement; si on excite alors le bout qui tient à la tête, la pupille, au contraire, se dilate au maximum. Ainsi le nerf sympathique du cou anime les fibres radiées, dilatatrices de l'iris, et quand il disparaît, elles sont paralysées et, par suite, vaincues par les fibres circulaires rétrécissantes. Il est donc antagoniste du nerf moteur oculaire commun.

Mais Pourfour du Petit n'avait pas vu le phénomène le plus important de tous ceux qui suivent son opération; il était réservé à Claude Bernard de le signaler et d'en poursuivre les conséquences.

Nerfs vaso-moteurs.

Si l'on a opéré sur un lapin blanc, et qu'on examine ses oreilles après l'opération, on voit que celle du côté du sympathique coupé est devenue toute rouge, les vaisseaux sanguins ayant augmenté de diamètre (fig. 362, B). Si maintenant on irrite le nerf, ces vaisseaux se rétrécissent jusqu'à devenir presque invisibles, et l'oreille est toute pâle : la rougeur reparaît, aussitôt que cesse l'excitation.

En regardant les choses de près, on voit que ce sont les petites artères qui se sont dilatées. Le sang y passe alors avec une telle facilité que les impulsions intermittentes du cœur se font sentir jusque dans les veines; qu'il y a, comme on dit, un *pouls veineux*. Si l'on a ouvert une veine à la base de l'oreille, on voit que les gouttes de sang qui en coulaient d'abord avec une certaine vitesse deviennent beaucoup plus nombreuses après la section du nerf, et s'arrêtent pendant qu'on l'excite. De plus, le sang veineux qui était primitivement violacé, apparaît presque aussi rouge que du sang artériel. Enfin, fait capital, l'oreille est devenue beaucoup plus chaude

que celle du côté opposé; elle tend à prendre la température intérieure du corps de l'animal, si bien que, si l'on opère par un temps froid, elle peut être de 10 à 12 degrés plus chaude que celle du côté opposé. J'ajoute, pour terminer le tableau, que, si l'on a pris un cheval au lieu d'un lapin, le côté opéré se couvre de sueur.

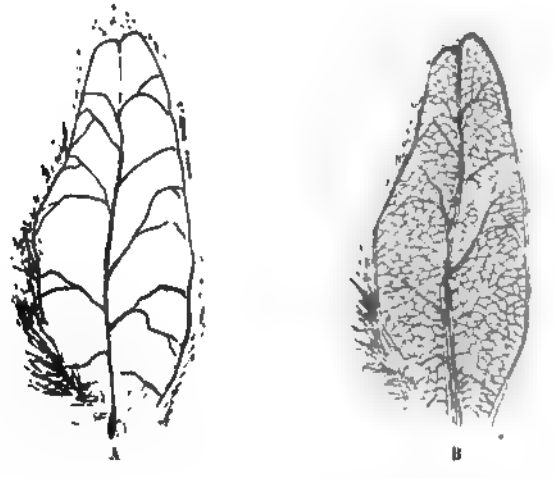


Fig. 362. — Vaisseaux de l'oreille d'un lapin : A, à l'état normal; B, après la section du nerf sympathique.

En un mot, la circulation est devenue beaucoup plus active, tellement que le sang rouge n'a plus le temps ni de céder de son oxygène une proportion assez grande pour que sa couleur change, ni de perdre de sa chaleur initiale au contact de l'air froid.

On obtient des effets semblables en piquant certaines parties des centres nerveux. Vous voyez qu'une piqûre à la base du crâne d'une grenouille fait dilater les vaisseaux de la moitié de la langue qui est du côté correspondant (fig. 363).

Tout cela tient à ce que le nerf sympathique a

sous sa dépendance la tunique musculaire des petites artères. Dans l'état normal, les anneaux qui composent celui-ci sont dans cette demi-contraction que nous avons nommée la *tonicité*. Quand on coupe le nerf, elles sont paralysées et ne présentent plus d'obstacle à la poussée du sang ; quand on l'excite au contraire, elles se contractent énergiquement et oblitèrent plus ou moins complètement le vaisseau.

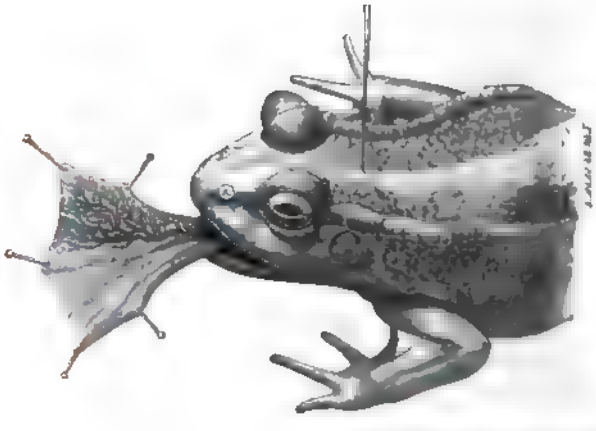


Fig. 365. — Action d'une piqûre de la moelle allongée sur les vaisseaux de la face et sur la saillie de l'œil.

Le système sympathique contient donc des fibres qui resserrent les vaisseaux et à qui cette action a mérité le nom caractéristique de *vaso-constrictives*.

Mais ce n'est pas tout encore.

En vous parlant tout à l'heure de la sécrétion salivaire provoquée dans la glande sous-maxillaire par l'excitation de la corde du tympan, il est un phénomène, toujours concomitant, que j'ai volontairement passé sous silence. Au moment où l'on excite le nerf, où les gouttes de salive perlent au bout du tube, la glande rougit, les veines qui en partent se gonflent.

et, si on les a coupées au préalable, le sang en sort tout rouge, comme si c'était du sang artériel, et s'élance en jet au lieu de baver goutte à goutte, comme il arrive d'ordinaire lorsqu'on ouvre une veine.

Ceci montre d'abord que, pendant le fonctionnement des glandes, la circulation s'y accélère, le sang y devient rouge; cette constatation, pour le dire en passant, a permis de trouver à quel moment fonctionne la rate et de montrer que le rein, dont le sang veineux est toujours rouge, est sans cesse en activité.

Mais il y a bien autre chose. L'*excitation* de la corde du tympan a eu le même résultat que donnait tout à l'heure la *paralysie* du sympathique cervical, c'est-à-dire la dilatation des vaisseaux. Le fait est certain, bien que son explication ne soit pas encore trouvée; et comme la corde doit cette action à des filets sympathiques qui se sont accolés à elle, on voit que le système sympathique contient des nerfs *vaso-dilatateurs* en même temps que des nerfs *vaso-constricteurs*.

L'action des nerfs *vaso-moteurs*, pour prendre une expression qui les comprend tous, peut être suscitée par voie directe, comme nous venons de le voir, ou par voie réflexe. Ainsi, la substance sapide posée sur la langue dilate les vaisseaux des glandes salivaires; ainsi, une douleur un peu vive fait pâlir ou rougir la peau de la face et du cou, par une contraction excessive ou une paralysie des tuniques musculaires des artérioles cutanées.

On comprend qu'une dilatation vasculaire continue ou qu'une constriction vasculaire continue dans une région du corps puisse avoir sur la manière d'être de cette région des conséquences plus ou moins

graves. Ainsi, pour prendre un exemple simple, si au lapin auquel on a coupé le sympathique cervical droit, par exemple, on ampute bien symétriquement l'extrémité des deux oreilles, on verra la cicatrisation de l'oreille droite terminée avant celle de l'oreille gauche. Le nerf sympathique, par son action sur la circulation, influence donc à la fois la calorification et la nutrition.

C'est, vous le voyez, le grand moteur, le grand régulateur des fonctions organiques, de ce qu'on appelle souvent la *vie végétative*, par opposition avec la *vie animale*, à laquelle commande le système nerveux céphalo-rachidien.

Mais ici, comme toujours, la classification s'est trouvée arbitraire, bien qu'assez commode dans ses traits généraux. En effet, les deux systèmes sont en relation constante l'un avec l'autre, et les excitations portées sur l'un d'eux réagissent non seulement sur tout son ensemble, mais sur l'ensemble de celui qui agit côte à côte avec lui.

En d'autres termes, les actes réflexes s'échangent entre les nerfs des deux systèmes. Vous voyez à ces simples mots quelle étonnante complexité de phénomènes se révèle devant vous : jetons-y courageusement un coup d'œil.

LES ACTES RÉFLEXES ET LES ACTES SYMPATHIQUES.

Résumé sur les différentes sortes de nerfs.

Nous avons vu que, dans le système de la *vie animale*, ou comme on dit encore quelquefois dans un sens facile à comprendre, de la *vie de relation*, il y a des nerfs *centripètes* et des nerfs *centrifuges*.

Les nerfs centripètes sont : 1° des nerfs de sensibilité spéciale (olfactif, optique, auditif, gustatif); 2° des nerfs de sensibilité générale, ou nerfs de la peau, qui, ainsi que nous le verrons dans une autre leçon, nous renseignent sur la présence et sur la température des corps; 3° des nerfs dont je ne vous ai pas encore parlé, qui viennent des muscles, et nous donnent une idée de leur degré de contraction (nerfs du sens de la contractilité musculaire) : 4° des nerfs respirateurs (nasal, laryngé supérieur, pneumogastrique).

Les nerfs centrifuges sont : 1° des nerfs moteurs se rendant à tous les muscles dont la volonté est souveraine maîtresse, comme ceux des membres, etc.; 2° des nerfs moteurs se rendant à des muscles dont la volonté peut commander, mais non arrêter les mouvements, comme ceux du clignement, de la déglutition, de la respiration; 3° des nerfs moteurs se rendant à des muscles, sur lesquels la volonté n'a aucun empire (muscles des osselets de l'oreille, œsophage, estomac, etc.); 4° des nerfs suspenseurs de mouvements, comme le pneumogastrique qui arrête le cœur.

Le système nerveux de la *vie végétative* ou *organique*, de la *vie de nutrition*, le grand sympathique, n'est pas moins riche et compliqué.

Nous y trouvons en effet des nerfs centripètes qui viennent soit des muqueuses intestinale, vésicale, etc., soit des séreuses péritonéale, cardiaque, etc., soit des tuniques des vaisseaux sanguins : en un mot, de tous les viscères.

Nous y trouvons en outre des nerfs centrifuges; c'est à savoir : 1° des nerfs moteurs allant aux tuni-

ques musculaires de l'intestin et autres organes; 2° des nerfs moteurs allant au cœur; 3° des nerfs moteurs vaso-constricteurs et vaso-dilatateurs, calorifiques, nutritifs; 4° des nerfs sécréteurs (salive, larmes, sucs intestinaux, sueur, etc.); 5° des nerfs suspenseurs de mouvements (grand splanchnique, etc.).

Je le répète : il y a des actes réflexes dont le centre exclusif est dans la moelle épinière, en une ou plusieurs régions à la fois, d'autres dont le centre exclusif est un ou plusieurs ganglions sympathiques; d'autres, enfin, qui émeuvent à la fois la moelle épinière et les ganglions.

Les diverses sortes d'actes réflexes.

Je crois nécessaire, pour bien fixer vos idées, de vous donner un certain nombre d'exemples, que je classerai en quatre catégories :

I. *Actes réflexes d'ordre exclusivement médullaire.*

a. Pincement d'un orteil chez un homme dont la colonne vertébrale est brisée et la moelle épinière coupée en deux : mouvement de retrait du pied.

La marche de l'ébranlement nerveux est : nerf de sensibilité générale, molle épinière, nerf moteur ordinairement volontaire.

b. Lumière vive sur l'œil : clignement de la paupière.

Marche de l'ébranlement nerveux : nerf de sensibilité spéciale, moelle allongée, nerf moteur demi-volontaire.

c. Menace de chute pendant la marche : rétablissement de l'équilibre.

Marche : nerf du sens de la contractilité musculaire, moelle épinière dans toute son étendue, nerfs moteurs ordinairement volontaires.

d. Corps étranger dans les narines ou le larynx : toux ou éternuement.

Marche : nerf sensitif et respiratoire, moelle allongée, nerfs moteurs demi-volontaires.

e. Coup violent : arrêt du cœur, syncope.

Marche : nerf de sensibilité générale, moelle allongée, nerf pneumogastrique.

II. *Actes réflexes d'ordre exclusivement sympathique.*

a, *b*, *c.* Introduction de l'aliment dans l'intestin : contraction, rougeur, sécrétion de sucs digestifs.

Marche : nerf centripète sympathique, ganglions voisins, et simultanément nerf sympathique moteur de la tunique intestinale, nerf vaso-dilatateur, nerf sécréteur.

d, *e.* Digestion difficile : pâleur de la face, sécrétion salivaire.

Marche : nerf centripète sympathique, ganglions éloignés, nerfs vaso-constricteurs, nerfs sécréteurs.

f. Glace dans l'estomac : suppression de la sueur.

Marche : nerfs centripètes, ganglions multiples, paralysie des nerfs sécréteurs de la peau.

III. *Actes réflexes procédant d'une excitation nerveuse médullaire, et réagissant sur le sympathique.*

a. Douleur vive : pâleur de la face.

Marche : nerf de sensibilité générale, moelle épinière, cordon de communication avec les ganglions sympathiques, nerfs vaso-constricteurs.

b. Froid aux pieds : indigestion, diarrhée.

Marche : nerf de sensibilité générale, moelle épinière, cordon de communication avec les ganglions sympathiques, nerfs moteurs de la tunique mus-

culaire intestinale et nerfs sécréteurs de l'intestin, excités ou paralysés.

c. Lumière vive : larmoiement.

Marche : nerf de sensibilité spéciale, noyau de l'encéphalique, ganglion, nerf sécrétoire.

d. Froid à la peau : pleurésie.

Marche : nerf de sensibilité générale, moelle, épinière, ganglions, paralysie de l'action du nerf vaso-constricteur, et par suite inflammation.

IV. *Actes réflexes procédant d'une excitation nerveuse sympathique et réagissant sur le système médulaire.*

a. Présence de vers dans l'intestin d'un enfant convulsions générales.

Marche : nerf centripète sympathique intestinal, ganglions, cordon de communication avec la moelle épinière, cette moelle dans toute son étendue, nerfs moteurs des muscles ordinairement volontaires.

b. Digestion difficile : vomissements.

Marche : nerf centripète sympathique intestinal, ganglions, moelle, nerfs moteurs du diaphragme, qui sont demi-volontaires, et des muscles de l'abdomen, volontaires ordinairement.

c. Pleurésie : toux.

Même marche, mais point de départ dans un nerf centripète venant de la plèvre enflammée.

d. Clignement de l'œil par inflammation du fond de l'œil.

Marche : nerfs centripètes sympathiques enflammés, centres sympathiques et médullaires encéphaliques, nerf moteur oculaire commun, ordinairement volontaire.

Voilà nombre d'exemples de ces mouvements ré-

flexes. Il en existe bien d'autres, et sans doute il s'en présente en foule à votre esprit.

Exemples d'actes réflexes.

Certains d'entre eux sont pour la conservation de l'individu d'une utilité évidente : c'est le cas, par exemple, de la toux, de l'éternuement, du vomissement, du clignement de l'œil, etc., qui éloignent ou rejettent des corps dangereux. A plus forte raison ceux qui servent à exécuter les actes fondamentaux de la vie : digestion, respiration, circulation, etc. Nous y sommes tellement habitués que notre attention se porte à peine sur eux, à moins qu'ils ne deviennent excessifs; leur utilité nous en semble une explication suffisante.

Mais parfois ces mêmes actes se manifestent en dehors de leurs causes habituelles, régulières, de production. Ainsi, une pauvre femme, dont Mosler a rapporté l'histoire, ayant été atteinte d'une inflammation du conduit auditif externe, fut prise d'éternuements en nombre prodigieux : on en compta 52,000 en 82 heures, c'est-à-dire 12 par minute environ; ils cessèrent quand guérit l'inflammation excitatrice. Il est du reste beaucoup de personnes chez qui le contact de ce conduit donne des nausées; or, il n'y a là nul rapport utile saisissable. Et quel rapport indiquer entre le chatouillement de certaines parties du corps et le rire involontaire, incoercible, quasi douloureux, qui en est la conséquence?

Parmi les faits d'actes réflexes utiles à la conservation de l'individu, il en est un que je veux vous citer, parce qu'il jettera pour vous un jour nouveau sur la physiologie du cœur.

Si vous accélérez volontairement votre respiration il vous sera facile de remarquer que le pouls, c'est-à-

dire le mouvement du cœur, s'accélère simultanément. Or, l'une des causes de ce phénomène curieux est la réglementation que, par l'intermédiaire d'un nerf récemment découvert, le cœur fait lui-même de son propre débit sanguin. Une quantité plus grande de sang lui étant envoyée à cause de la respiration accélérée, il hâte ses battements pour suffire à son œuvre, en même temps que le nerf dont j'ai parlé commande, par un artifice sympathique des plus curieux, aux vaisseaux sanguins périphériques de se dilater, pour faciliter la course du sang que le cœur se fatiguerait, sans cette dilatation, à lancer.

Des mouvements réflexes peuvent s'opérer au voisinage du point excité, comme il arrive dans le clignement de l'œil touché, ou avoir lieu dans des points très éloignés, comme le rire lors du chatouillement de la plante des pieds. Ils peuvent être très localisés, ou au contraire étonnamment généralisés. Permettez-moi de vous citer de ces généralisations deux exemples bien curieux et vraiment extraordinaires.

Un ouvrier dans la force de l'âge éprouva un matin une difficulté singulière à marcher ; ses jambes ne lui obéissaient plus fidèlement ; en outre, les objets semblaient tourner autour de lui. Cette faiblesse, ces vertiges, allèrent en augmentant ; bientôt s'y joignirent des troubles digestifs de plus en plus graves. Les traitements les plus variés restèrent impuissants, et, en deux ans, les choses en arrivèrent à ce point que le malheureux, presque incapable de se soutenir, était considéré comme perdu, comme mourant d'une maladie mystérieuse. Au bout de ce temps, un petit accident lui survint à l'oreille, et il alla consulter un médecin spécialiste. Celui-ci examina le conduit

auditif externe, y trouva un corps étranger et, à la grande surprise du malade, en retira un noyau de cerise. Quinze jours après, le prétendu mourant revint voir son chirurgien ; les vertiges avaient cessé, l'estomac reprenait ses fonctions ; il était guéri, et la guérison ne se démentit pas.

Second exemple : un jeune garçon de quatorze ans ressentit, en sautant de son lit, *quelque chose d'étrange*, puis soudain il tomba, fut pris de convulsions violentes et perdit connaissance. Remis sur le lit, il revint bientôt à lui, et le médecin, en arrivant quelques heures après, le trouva très calme, n'accusant aucune souffrance et demandant avec instance à se lever. On y consentit ; mais, à peine l'enfant avait mis les pieds à terre que sa physionomie s'altéra, et une convulsion survint qui le renversa. Relevé aussitôt et recouché, il se calma, reprit ses sens et demanda tout effrayé de quoi il s'agissait. Le docteur fit alors du malade un examen minutieux ; il fixa surtout son attention sur ce pied dont le contact avec le sol avait développé devant lui cette effrayante série d'accidents, et, à force de recherches, il finit par découvrir, près de l'angle du gros orteil, une petite élévation ; en la pressant, les convulsions apparurent aussitôt, sans que l'enfant accusât de douleur. Alors le chirurgien, d'un coup de ciseau, enleva cette petite tumeur ; il put impunément en presser aussitôt la place dénudée, et les accidents formidables que j'ai décrits ne reparurent plus jamais.

Le fait relatif au noyau de cerise retiré de l'oreille n'est pas aussi extraordinaire, c'est-à-dire aussi rare que vous pourriez le croire. La présence d'un corps

étranger dans le conduit auditif externe cause souvent des vertiges ou même des convulsions. Il est fréquent de voir les malades auxquels on injecte un peu d'eau froide dans l'oreille, tourner sur eux-mêmes, avec sensation de vertiges et de nausées. Les convulsions chez les enfants ont assez fréquemment cette cause. Rappelez-vous, d'une manière générale, que dans les convulsions des enfants il faut toujours rechercher s'il n'y a pas de vers dans l'intestin, s'il n'y a pas de dents en évolution, s'il n'y a pas de corps étranger dans l'oreille.

Les actes réflexes peuvent, comme je vous l'ai dit, amener non seulement des mouvements, mais des cessations de mouvements, et parmi celles-ci des paralysies. La présence de vers intestinaux a eu assez souvent cette conséquence. Mais la paralysie par excitation venant d'autres points du corps a été moins souvent observée. M. Brown-Séquard a cependant vu une foulure d'un coude entraîner la paralysie des deux bras, paralysie qui dura autant que dura la douleur. Je vous citerai encore, du même auteur, l'observation d'un enfant chez qui l'évolution de chaque molaire était accompagnée d'une paralysie des membres inférieurs; il guérit définitivement lorsque la seconde dentition fut complète. Le célèbre Astley Cooper a vu la paralysie de toute une moitié du corps, dont était affligée une de ses clientes, disparaître après l'ablation d'une dent dont elle souffrait beaucoup.

Les convulsions peuvent être prévenues quelquefois par la compression de certaines parties du corps, et cette excitation peut même les faire cesser pendant qu'elles sont déclarées. Chez un homme atteint de

convulsions des membres inférieurs, les attaques les plus violentes étaient immédiatement enrayées lorsqu'on lui fléchissait fortement le gros orteil sous la plante du pied.

Il est bien d'autres exemples : le rire involontaire, l'éternuement, peuvent être arrêtés par une excitation un peu forte de la peau : de là, les expressions se pincer, se mordre les lèvres pour ne pas rire.

Vous voyez que nous pourrions rester pendant un temps presque indéfini sur l'étude des actes réflexes. Il faut nous borner aux exemples déjà nombreux que je vous ai cités, et dont l'énoncé a pu vous donner une idée de l'indéfinie complexité des réactions nerveuses.

Actes sympathiques

Il en est cependant toute une catégorie dont je dois vous entretenir à part, et ce n'est pas la moins intéressante. Jusqu'ici, nous n'avons parlé que des mouvements ou cessations de mouvements à la suite d'excitations centripètes. Mais il peut arriver que l'excitation d'un nerf de sensibilité provoque une sensation secondaire accompagnant la sensation primitive ; c'est ce qu'on appelle des sensations *sympathiques* (σύν, *syn*, avec ; πάθος, *pathos*, souffrance). Enfin, pour compléter ce tableau si compliqué, il peut y avoir, par sympathie, des suppressions de sensations.

Éclaircissons ceci par quelques exemples.

Sensations sympathiques.

Les sensations sympathiques sont assez rares dans l'état normal ; chez une personne saine, la piqûre d'un point de la peau, par exemple, donne rarement naissance à une douleur dans quelque région éloignée ; ou, du moins, ces rapports sont d'ordinaire très fugitifs, très faibles, et varient avec chaque personne. Par exemple, lorsque je me pince le bout du petit

doigt de la main droite, il m'arrive souvent de ressentir une assez vive douleur au niveau de la clavicule du même côté. Un professeur de la Faculté de Bordeaux, M. Baudrimont, a publié le récit d'observations curieuses de cet ordre, observations faites sur lui-même; il a même indiqué, par des figures, les points de son corps ainsi unis par une véritable sympathie. Mais fort peu de personnes sont aussi richement douées sous ce rapport, et il ne faut pas, je crois, le regretter : il doit y avoir là une source d'erreurs incessantes.

Comme sensation sympathique normale et à peu près générale, je puis vous citer la sensation de picotement dans la gorge qui suit l'excitation du conduit auditif, d'où résultent la toux, le vomissement, dont nous avons parlé tout à l'heure. Et si l'on éternue en regardant le soleil, ce mouvement est d'ordinaire la suite d'une sensation de picotement dans le nez, qui ne peut avoir qu'une origine sympathique.

C'est encore une sensation sympathique, et des plus bizarres, celle de l'excitation particulière des nerfs dentaires sous l'influence de certains sons aigus, et qui, selon une expression imagée, sont aigres et agacent les dents.

Mais dans l'état de maladie, les douleurs sympathiques sont extrêmement communes. Le point de côté, la névralgie brachiale, dans la pleurésie; la douleur de l'épaule droite dans les maladies du foie; les sensations particulières qu'éprouvent au bout du nez la plupart des enfants dont l'intestin est habité par des parasites; la douleur que fait éprouver la vue de la lumière aux malades atteints d'inflammations de la conjonctive oculaire; les névralgies si diverses

qui accompagnent souvent les maux d'estomac; tous ces faits, et bien d'autres, sont connus de tout le monde, ou au moins de tous les médecins.

On a vu, plus rarement, un mal de dents causer de vives douleurs dans le bras, douleurs que fit disparaître l'ablation de la dent malade. On a encore signalé d'autres sympathies, et je citerai des cas de paralysie des membres inférieurs où l'on a vu une excitation portée d'un côté donner au malade deux sensations qu'il rapportait l'une au point excité, l'autre à la région symétrique du côté opposé. M. Brown-Séquard a cité une dame qui s'étant fortement piqué le doigt ressentit, au bout de quelques semaines, des douleurs d'estomac qui l'amenèrent bientôt à un état fort grave. On fit l'amputation du doigt blessé; aussitôt les douleurs cessèrent et ne revinrent plus.

Des sensations sympathiquement éveillées ou perverties peuvent également nous venir par les sens spéciaux, et surtout par l'ouïe ou la vue. Les annales de la médecine abondent en récits de désordres de cette espèce. Ici, c'est un homme qui, étant à jeun, voyait tous les objets teints en jaune; l'expulsion de vers le guérit complètement. Un autre, qui était dans le même cas, percevait continuellement une odeur insupportable.

Ce qui donne à ces sensations une importance singulière, c'est qu'elles peuvent se présenter au patient avec une telle netteté qu'il arrive à croire à leur exactitude. De là, les idées les plus erronées sur le monde qui l'entoure; de là, des *illusions* ou même des *hallucinations* qui, lorsqu'elles durent longtemps, peuvent entraîner la *folie*. Dans quelques circon-

stances, on a vu des personnes, corrigeant à l'aide de leurs autres sens les idées erronées fournies par le sens sympathiquement troublé, présenter ce spectacle étrange d'un homme halluciné et qui, cependant, raisonne et agit sagement. Mais, dans la majorité des cas, il n'en est pas ainsi; assaillie par les sensations erronées, l'intelligence fléchit, ou, pour parler plus exactement, des raisonnements justes basés sur des sensations fausses déterminent des conclusions ou des actes qu'on qualifie justement d'insensés.

Suppressions sympathiques de sensations.

Tout ce que je viens de dire des sensations anormales sympathiquement excitées, peut se dire de la suppression des sensations normales.

Il n'est pas rare de voir l'insensibilité de la peau, dans une région plus ou moins étendue du corps, accompagner une névralgie d'une autre région.

Cette *paralysie sympathique* peut s'étendre aux sens spéciaux. On a vu souvent une névralgie faciale entraîner une paralysie du nerf optique, *amaurose* qui guérissait avec la névralgie. La présence d'une dent malade a eu fréquemment la même conséquence, et la vue revenait aussitôt après l'ablation de la dent. Dans d'autres circonstances, surviennent la surdité, ou même la surdimutité.

Ce sont encore, sous ce rapport, les parasites de l'intestin qui nous fourniraient le plus grand nombre de faits. Un enfant de sept ans fut atteint pendant un mois de cécité presque complète, et guérit après l'expulsion d'ascarides. Un autre, devenu à neuf ans sourd-muet, guérit complètement dans des conditions semblables.

Voyez quelle est, en dehors de l'intervention de la

volonté, qui peut encore faire varier à l'infini certaines d'entre elles, l'étonnante complexité des fonctions du système nerveux ; étonnez-vous maintenant du rôle qu'il joue dans les théories des physiologistes et les explications des médecins. En réalité, tout est en lui, puisque c'est lui qui gouverne toutes les conditions des phénomènes vitaux.

Actes sympathiques dans les maladies.

C'est surtout dans l'état pathologique que son action est visible, dominatrice ; aussi le médecin peut parfois s'en emparer à son tour et en tirer une utilité bienfaisante.

La peau a été brûlée sur une grande étendue ; le malade périt au bout de plusieurs jours, avec des phénomènes de congestion intestinale ou pulmonaire ; — sur le thorax d'un homme atteint d'épanchement séreux dans la plèvre, le médecin applique un vésicatoire, et le liquide est résorbé ; — au voisinage d'un os malade, le chirurgien pratique des brûlures superficielles au fer rouge, et la nutrition de l'os se modifie : autant d'actes réflexes amenant des modifications circulatoires et nutritives.

Un œil a été crevé, et le moignon en est resté en place. Quelques années plus tard, l'autre œil s'enflamme, et l'*ophthalmie sympathique* menace de le détruire. Un oculiste habile enlève aussitôt les débris de l'organe anciennement perdu, et tout rentre dans l'ordre. Il y a là un résultat comparable à celui d'une belle expérience de William Edwards, dont je ne puis m'empêcher de vous parler, et que j'exécute devant vous. Je prends dans ma main gauche un thermomètre qui s'arrête à une certaine température ; je plonge alors ma main droite dans la glace, jusqu'à ce que la sensation du froid devienne douloureuse ;

à ce moment le thermomètre de la main gauche gauche baisse de plusieurs degrés : acte réflexe vasculaire. Autre exemple, dû aux recherches récentes de M. Dumontpallier : voici une personne atteinte d'une douleur très nettement localisée, d'une névralgie intercostale à droite, par exemple ; je cherche à gauche le point correspondant au point douloureux de droite, et j'y enfonce une épingle ; aussitôt, la douleur disparaît du côté malade.

La mise en jeu de ces actes réflexes ou sympathiques dans le domaine pathologique n'a pas toujours la même conséquence, et ce n'est pas là le point le moins curieux de leur étude. Ainsi, quatre personnes s'exposent, ayant chaud, à l'influence d'un froid humide ; il peut arriver que l'une ait un coryza, l'autre une pleurésie, l'autre une pneumonie, l'autre un rhumatisme articulaire ; autant de phénomènes sympathiques dont la cause est la même, mais dont la localisation a varié suivant les individus.

Nervosisme. Et ce n'est pas seulement la localisation, mais l'intensité qui peut varier. Il est des personnes chez qui les appareils nerveux cérébro-spinal et sympathique sont d'une excitabilité extraordinaire, et donnent aux moindres impressions des réactions excessives, parfois étonnamment généralisées. Ce sont, comme on dit, des personnes *nerveuses*.

Une porte se ferme avec bruit, un corps blanc apparaît dans l'ombre : soudain, tressaillement, petits cris, pâleur ; je pense que vous connaissez cet exemple, pour l'avoir souvent observé.

Les choses peuvent aller plus loin ; il peut y avoir relâchement musculaire plus ou moins complet, d'où les expressions : « les bras m'en tombent », « mes

jambes se dérobent sous moi ». Il peut y avoir même syncope, ou convulsions, ou paralysie momentanée.

Le vieil Hippocrate disait : « Le sang est le modérateur des nerfs ». C'est qu'en effet les personnes nerveuses sont généralement faibles et peu sanguines : les enfants, les jeunes filles, les convalescents, méritent souvent d'être classés parmi les gens nerveux. Chez eux, les actes réflexes se manifestent avec une richesse et une complexité qui défient toute description.

Il n'y a pas que l'exagération des actes réflexes qui traduisent le *nervosisme* excessif. Il peut y avoir des paralysies plus ou moins étendues, plus ou moins durables, apparues soudain, disparaissant de même, souvent sans cause appréciable, ou encore des contractions permanentes de certains muscles, des *contractures*, comme disent les médecins. Plus souvent, ce sont des altérations de la sensibilité, tantôt exagérée (*hyperesthésie*), tantôt disparue (*anesthésie*), en des régions diverses de la peau, ou pour tel ou tel organe des sens.

Enfin, l'intelligence peut s'en ressentir, par apathie, ou irrégularité, ou excitabilité. Ce sont des joies ou des chagrins que rien ne justifie, des inégalités d'humeur, des projets aussitôt détruits qu'édifiés, parfois d'étranges idées fixes, ou même enfin des perceptions délirantes, des impulsions irrésistibles.

Vous le voyez, tous les actes du corps, dans l'état de santé ou de maladie, sont sous la dépendance du système nerveux. C'est une complexité dont l'imagination s'effraye à juste titre, mais qui cependant peut toujours, pour chaque cas particulier, s'expliquer par les relations que je vous ai indiquées entre les

divers centres et leurs nerfs centrifuges et centripètes. Il est clair que les phénomènes varieront suivant que tel ou tel nerf centripète aura été excité, et surtout suivant que telle ou telle réaction centrifuge en aura été la conséquence. Mais si extraordinairement différents que soient les résultats, ils relèvent toujours de la même explication. Prenons un exemple pour nous résumer.

Voici un jeune enfant chez qui l'éruption d'une dent occasionne à la fois salivation, diarrhée, larmes, convulsions, délire. Tous ces symptômes si divers viennent, je le répète, de la même cause : excitation centripète venant du nerf dentaire. Mais l'excitation a été tellement forte, qu'elle a mis en branle tous les centres nerveux à la fois : la moelle épinière fait contracter les muscles en mouvements convulsifs ; les ganglions sympathiques commandent l'action aux nerfs sécréteurs et vasculaires, et parmi ces derniers, à ceux qui vont aux hémisphères cérébraux, dont le fonctionnement s'en ressent.

Folies sympathiques.

Je ne dis plus qu'un mot, c'est sur ce dernier point. Quand la circulation est troublée dans un organe, la fonction de cet organe est également troublée. Le cerveau n'échappe pas à cette loi commune. Que le cœur cesse de lui envoyer une quantité de sang suffisante, la *perte de connaissance* accompagne la syncope. Que la quantité de sang soit trop forte, ou que la circulation soit modifiée dans divers départements du centre intellectuel, et des sensations erronées, des idées fausses en seront la conséquence. Il y a donc des troubles intellectuels et même des *folies* purement *sympathiques*, qui dépendent d'excitations centripètes venant soit d'organes internes, soit des

organes cervicaux. Laissez-moi terminer cette série déjà si longue par un nouvel exemple.

Voici d'abord pour les excitations venant de la périphérie du corps :

Un garçon de quatorze ans avait été blessé au gros orteil par un morceau de verre; quatre ans après, il fut pris de divagations et de délire. En l'examinant avec soin, on vit, près de l'ancienne blessure, une petite élévation; quand on pesait dessus, la surexcitation du malade augmentait. On fit une ouverture qui amena l'extraction d'un petit fragment de verre; aussitôt le délire cessa pour ne plus reparaître.

Mais les altérations de l'intelligence survenues sympathiquement à la suite de la lésion d'organes internes sont bien autrement nombreuses.

Un homme atteint de *manie* aiguë et furieuse fut

Fig. 364. — Homme atteint de manie aiguë.

confié aux soins du célèbre Esquirol; on s'aperçut que cet homme avait un ténia (fig. 364). Aussitôt après qu'une médication appropriée l'eut débarrassé de ce parasite, la manie disparut. Un an après, elle re-

vint : semblable médication amena semblable résultat ; cette fois, l'insensé recouvra définitivement la raison.

On connaît beaucoup d'observations du même genre. Je n'en finirais point à vous raconter des cas où la manie aiguë, la monomanie, la mélancolie (fig. 365) surtout, ont accompagné le développement de maladies de l'estomac, de la rate, du foie, en général de tous les viscères contenus dans l'abdomen. Tout cela, au reste, est connu depuis long-

Fig. 365. — Homme atteint d'hypochondrie.

temps ; remarquez le mot *hypochondrie* (ὑπο, *hy*... sous ; χονδρον, *chondron*, cartilage : c'est-à-dire rég... inférieure aux cartilages des côtes) qui désigne en même temps, et la région du foie et une forme de mélancolie, et le mot *mélancolie* lui-même (μέλας, *melas*, noir ; χολὴ, *cholé*, bile), et le rôle que joue, au dire de l'opinion publique la rate (en anglais *spleen*) dans le développement des idées gaies ou tristes.

Il reste donc bien démontré que la folie peut être de deux façons, par voie sympathique, la conséquen...

d'excitations venues du dehors. Tantôt, en effet, ces excitations engendrent des troubles sensitifs, d'où résultent des hallucinations à la réalité desquelles le malade finit par croire ; tantôt c'est l'organe de l'intelligence, le cerveau, qui se trouve directement affecté.

Je m'arrête enfin dans cette énumération de faits que j'aurais pu aisément rendre plus longue, et de laquelle j'ai supprimé des catégories entières. Nous pouvons la résumer en disant que l'intelligence, la sensibilité, le mouvement sous ses formes les plus variées, sont sous la dépendance d'actes nerveux d'origine réflexe ou sympathique. Leur manifestation régulière, leurs altérations, leur suppression, leur exaltation sont dirigées par ces actes.

TREIZIÈME LEÇON

Histoire générale des nerfs. Les Sensations. Les Sensations visuelles : Vision avec un seul œil.

Je viens de vous montrer en entier l'ensemble du système nerveux, dans ses deux départements, intimement liés l'un à l'autre, du système cérébro-spinal et du système sympathique. Je ne reviendrai plus sur l'histoire de cette sorte de toile d'araignée toujours vibrante, dont les fils pénètrent et animent l'organisme entier. Mais je veux insister sur quelques points intéressants de l'histoire de ces fils eux-mêmes, des éléments nerveux.

Rapidité de transmission des excitations nerveuses.

Je vous ai indiqué la structure des nerfs et des filaments élémentaires qui les constituent. Je vous ai dit que tout tend à démontrer qu'il n'y a aucune différence entre le nerf sensible et le nerf moteur, et que le nerf est indifférent à la nature et au sens des excitations qu'il transmet. Mais il est une question que nous pouvons nous poser : Avec quelle rapidité se transmettent le long d'un nerf les excitations portées sur un point de ce nerf?

On a cru pendant longtemps que cette rapidité était comparable à celle de la lumière ou de l'électricité, et par conséquent si grande qu'on ne pourrait la mesurer, eu égard à la faible longueur des cordons

nerveux. Mais on sait aujourd'hui qu'il n'en est rien, et la propagation des excitations nerveuses se fait avec une étonnante lenteur.

Rien de plus simple que de s'en assurer.

J'isole sur un animal, sur une grenouille (fig. 366), par exemple, le nerf moteur d'une patte sur une assez grande longueur, de *a* en *a'*. Je dis que si j'excite le nerf en *a*, le mouvement de la patte se fera plus tôt que si j'excite en *b*, et que je pourrai apprécier la différence, laquelle mesurera très évidemment la durée de transmission de *a* en *a'* de l'agent nerveux.

Fig. 366. — Patte de grenouille avec son nerf moteur isolé.

Pour y parvenir, je fais dérouler rapidement et très régulièrement, par un mouvement d'horlogerie, un papier enduit de noir de fumée (fig. 367), sur lequel passe à frottement doux un stylet fixé à l'extrémité de la patte d'une grenouille. Il est clair que tant que celle-ci ne bougera pas, le stylet tracera simplement une ligne droite; mais si elle se contracte, aussitôt la ligne déviera en s'élevant brusquement, pour retomber lorsque la contraction cessera.

Maintenant, imaginons qu'un signal électrique marque par un point, sur notre papier, le moment exact auquel l'excitation va être appliquée au point *a'* du nerf (fig. 368). Bien évidemment, si le muscle obéit instantanément, le début de la courbe de contraction coïncidera juste avec la marque de l'excitation, en 1. Or il n'en est rien : toujours on rencontre un certain retard, et la courbe ne commence qu'un peu plus loin. Un certain temps est donc nécessaire

pour que l'excitation d'un nerf moteur se transmette

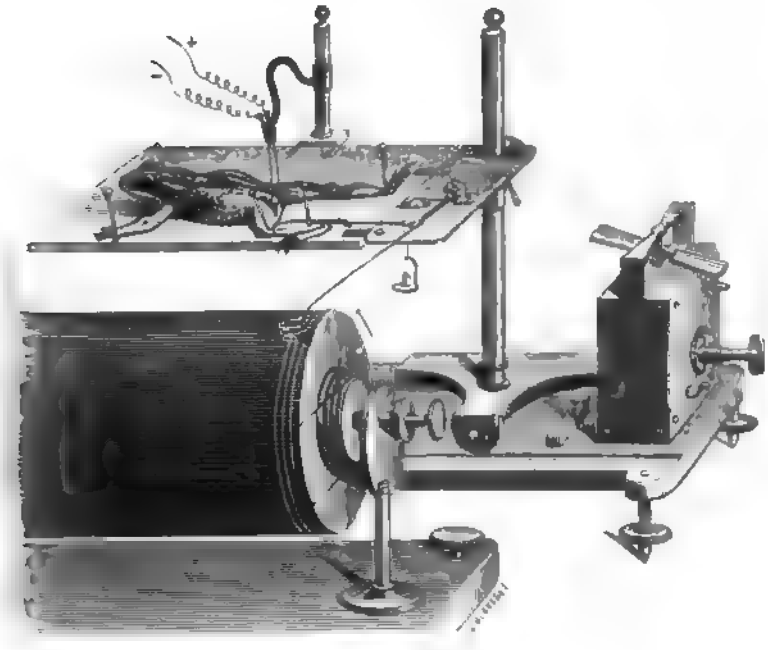


Fig. 367. — Appareil enregistreur : patte de grenouille excitée par l'électricité ; stylet inscrivant la contraction sur le cylindre.

à un muscle et pour que celui-ci obéisse; ce temps sera mesuré par la distance horizontale, rapprochée

Fig. 368. — Courbes de contraction musculaire : 1, excitation du nerf en a' ; 2, en a. D, marques régulières d'un diapason faisant 250 vibrations à la minute.

de la rapidité connue avec laquelle se déroule la feuille de papier.

Excitons maintenant le nerf non plus en a', mais

en *a*. Nous verrons alors, en comparant le signal de départ 2 avec le début de la contraction, que le retard d'obéissance du muscle est notablement plus considérable que la première fois.

Bien évidemment la différence représente le temps que l'excitation a mis à se propager de *a* en *a'*. Vous comprenez que je n'ai plus qu'à mesurer cette différence et la longueur *aa'* pour connaître la rapidité de propagation de l'excitation nerveuse, et en déduire sa vitesse pendant l'unité de temps.

On a trouvé de la sorte que, chez la grenouille, la contraction musculaire demande pour se produire de 0 seconde 01 à 0 sec., 02, et que la vitesse de propagation de l'excitation dans le nerf est de 30 à 40 mètres par seconde.

Des mesures analogues ont pu être prises chez l'homme. Vous comprenez que le problème est un peu plus compliqué à résoudre; mais on en est venu à bout, et l'on a trouvé que la vitesse était environ le double de celle qui avait été constatée chez les animaux à sang froid. Nous voilà bien loin, comme vous voyez, des milliers de kilomètres parcourus à la seconde par l'électricité dans un fil de cuivre, qui est bon conducteur; seulement, il est bon de savoir qu'elle va tout aussi lentement dans un mauvais conducteur, comme un fil de coton mouillé.

La vitesse de propagation de l'excitation sensible a été mesurée par un procédé analogue. Mais il est ici plus facile et toujours plus intéressant d'expérimenter sur l'homme. Voici comment on opère : je répète l'expérience devant vous.

Reprenons d'abord notre cylindre (fig, 367) qui tourne rapidement, et sur lequel est collée une feuille

de papier noirci au noir de fumée. Un stylet trace à sa surface une ligne qui sera droite lorsque plus tard j'aurai enlevé et étalé la feuille de papier (fig. 369, A). Je puis, au moyen d'un petit levier tenu dans ma main droite, faire soudain mouvoir le stylet.

Un aide me touche l'épaule et, au même moment, un point *m* est marqué sur le cylindre tournant (fig. 369, B) ; il a été convenu qu'aussitôt que je per-

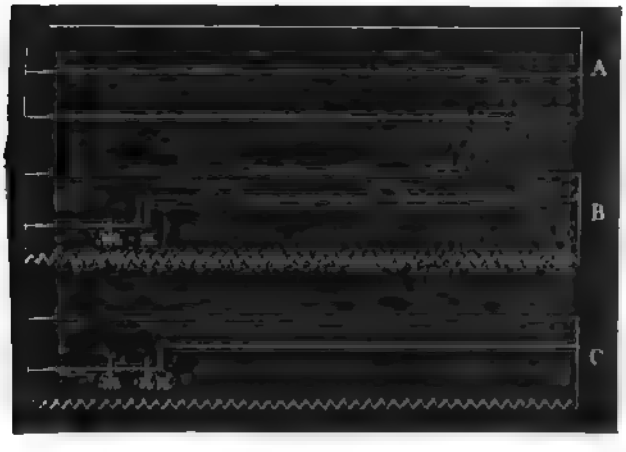


Fig. 369. — Mesure de la rapidité des excitations sensibles : A, Papier de l'appareil enregistreur au repos ; B, excitation de l'épaule ; C, excitation du bout du doigt.

cevrais le contact, je pèserais sur le levier. Ainsi fais-je, et le stylet se lève en *n* ; mais il s'est ainsi écoulé, perdu un certain temps, représenté par la ligne *mn* : nous verrons tout à l'heure ce que signifie cette ligne, et quel intérêt présente son étude un peu approfondie.

Un instant après, l'aide me touche l'extrémité du doigt ; je pèse aussitôt sur le levier. Mais cette fois l'intervalle parcouru par le stylet *mn'* (fig. 369, C) est plus grand que le premier *mn*. La différence *nn'*

mesure le temps mis par l'excitation à parcourir toute la longueur du bras, depuis le bout du doigt jusqu'à l'épaule. Ce temps peut nous servir à mesurer la vitesse, qui est, comme pour l'excitation motrice, d'environ 60 à 80 mètres à la seconde.

Je pense que ces recherches vous paraissent assez intéressantes pour m'autoriser à continuer dans cet ordre d'études. Après avoir mesuré la vitesse de transmission dans les nerfs, mesurons-la dans la moelle épinière.

C'est toujours la même méthode expérimentale. Seulement, vous le devinez, au lieu d'exciter ou de faire mouvoir deux points du corps séparés par une certaine longueur de nerf, nous en ferons agir deux séparés par une certaine longueur, la plus considérable possible, de moelle épinière. Nous ferons, par exemple, contracter successivement un orteil puis un doigt de la main; ou bien nous exciterons la peau du bas du dos, puis celle de la nuque. La différence des distances entre le point signal et le point de contraction mesurée sur le papier de l'enregistreur nous servira, comme dans les expériences précédentes, étant connue la longueur de moelle épinière traversée par l'excitation lointaine, à déterminer la vitesse de propagation dans ce centre nerveux.

Elle a été trouvée par les expérimentateurs les plus récents à peu près moitié moindre de celle de la vitesse de propagation dans les nerfs. L'un d'eux même l'a réduite à 10 ou 12 mètres par seconde. Dans certaines maladies de la moelle épinière, la conduction devient infiniment plus lente. On a vu des malades ne retirer leur pied ou n'accuser de sensation que plusieurs secondes après qu'on les avait pincés.

Vous comprenez qu'on a pu mesurer par un procédé analogue le temps nécessaire à l'accomplissement d'un acte réflexe.

Vitesse de la pensée

Mais ce n'est pas là le plus curieux ; on a pu arriver à mesurer le temps qu'il faut pour avoir conscience exacte d'une sensation, pour reconnaître, par exemple, le blanc du noir, le côté droit d'avec le côté gauche, etc. C'est ce qu'on a appelé un peu ambitieusement la mesure de la *vitesse de la pensée*. C'est toujours la même méthode, mais ici la question est plus délicate et plus complexe.

Devant moi est placé un écran percé d'un trou ; derrière ce trou, par un mouvement brusque, apparaît un cercle de carton ; le moment précis de cette apparition est marqué par un trait du stylet sur le papier mobile dont nous avons parlé, grâce au jeu d'un électro-aimant. Sous ma main est une pédale avec laquelle, aussitôt que j'aperçois le cercle, j'actionne un autre électro-aimant qui marque un second trait. La distance des deux traits, combinée avec la vitesse connue du déplacement du papier, donne le temps qui est nécessaire pour l'accomplissement de l'acte total, depuis l'impression sensorielle jusqu'au mouvement volontaire.

Chez une même personne, ce temps va en diminuant lorsqu'on répète l'expérience, et l'on arrive enfin à un certain minimum qu'on ne peut dépasser, minimum qui varie d'un expérimentateur à l'autre. Le docteur Exner, de Vienne, auquel on doit les plus récentes observations sur ce sujet, a trouvé comme chiffres extrêmes pour ce minimum 0 sec. 1295 et 0 sec. 9952 : ce sont les vieillards qui lui ont donné le temps le plus long.

La durée de ce retard varie, du reste, non seulement d'une personne à une autre, mais encore suivant certaines circonstances. Ainsi, d'une manière générale, plus l'excitation est intense, plus la réaction est rapide. Mais le lieu de l'excitation paraît avoir une bien plus grande influence. Suivant Exner, la durée la plus courte correspond à l'excitation directe de l'œil à l'aide d'un courant induit traversant le globe oculaire; vient ensuite l'excitation électrique d'une main, l'autre donnant le signal (c'est à cet ordre d'excitations que se rapportent les chiffres plus haut donnés); puis, une impression auditive, ou la vue d'une étincelle électrique; enfin l'excitation du bout du pied.

Les différences observées, qui sont de l'ordre des centièmes de seconde, tiennent en partie à la longueur des conducteurs nerveux, en partie à la nature même de la sensation, ce qui est beaucoup plus intéressant. On aurait pu croire que l'ingestion de substances dites excitantes, comme le vin, le café, etc., abrégerait la durée de la réaction; il n'en est rien. Bien mieux, l'ivresse légère la ralentit notablement, malgré l'illusion du sujet en expérience, qui se figure réagir plus vite et réagit simplement plus fort.

Voilà la première partie de l'expérience faite. Nous avons déterminé le temps nécessaire pour qu'un signal exécuté par la main réponde à une excitation visuelle. C'est ce retard que les astronomes, qui ont eu depuis longtemps à en tenir compte dans l'appréciation exacte du moment du passage d'un astre devant le fil tendu dans leur lunette, ont appelé, à cause de sa variation d'un individu à l'autre, l'*équation personnelle.*

Mais il faut tirer de là la durée de l'acte cérébral lui-même, c'est-à-dire le temps qu'il m'a fallu pour avoir conscience de la présence du disque et commander le mouvement de la main. Pour cela, il faut déduire des chiffres que je viens de citer les durées que nous connaissons déjà, de la transmission le long des nerfs et dans la moelle, de la contraction musculaire. On arrive ainsi à des chiffres qui ont varié de 0 seconde 08 à 0 sec. 94, ce dernier chiffre provenant d'un vieillard de 76 ans : soit, par à peu près, un dixième de seconde.

Ce n'est pas tout encore : nous pouvons mesurer la durée d'un jugement véritable ; par exemple, puisque nous parlons des sensations visuelles, la valeur du temps nécessaire pour distinguer le blanc d'avec le noir.

Reprenons notre appareil. On convient avec moi que si le cercle de carton qui va paraître derrière l'écran est blanc, je donnerai le signal, tandis que je resterai immobile s'il est noir; pnis, sans m'avoir prévenu, bien entendu, on fait paraître le cercle blanc. Je pèse sur la pédale, le stylet de l'électro-aimant marque un trait, et l'on reconnaît que la durée primitive de la réaction a été augmentée de un ou deux centièmes de seconde. Cette augmentation correspond bien évidemment au temps qui m'a été nécessaire, l'impression sensorielle étant reçue, pour l'apprécier et porter un jugement sur sa nature. Et cependant je n'ai eu nulle conscience d'un temps écoulé.

Si, au lieu de limiter l'option à deux alternatives, le blanc ou le noir, on en introduit une troisième, le bleu, par exemple, le retard observé devient au

moins double en valeur. Et il augmente dans une très forte proportion lorsque les alternatives sont plus nombreuses; mais alors le sujet commence à s'apercevoir lui-même que sa décision n'est pas absolument instantanée.

Vous comprenez que de semblables expériences ont pu être faites sur toutes les espèces de sensations: auditives, gustatives, olfactives, tactiles, de calorique, etc... Elle ont partout donné le même résultat, c'est-à-dire que le jugement le plus élémentaire entre deux sensations de même ordre nécessite toujours pour sa formation un temps parfaitement appréciable. Ce temps se mesure en centièmes de seconde.

Telles sont ces mesures curieuses, qui font pénétrer les mathématiques jusque dans l'appréciation des actes intellectuels. Permettez-moi maintenant pour fixer vos idées d'appliquer ces données à un exemple familier.

Je veux vous montrer pourquoi un enfant qui pince la queue d'un chat qui dort, sera presque toujours griffé, tandis que le plus souvent le chat le manquera, s'il est déjà réveillé.

Supposons d'abord le chat (auquel nous donnons 50 centimètres de long, dont 20 pour la moelle épinière), réveillé, mais ne s'attendant à rien. Pincé à la queue, il se retourne, reconnaît l'ennemi, l'enfant (auquel nous supposons 60 centimètres de nerf, du bout du doigt jusqu'à la moelle, et 20 centimètres de moelle, jusqu'au cerveau), et lance sa griffe. Voici la succession et la durée des actes :

	sec.
Cheminement centripète dans 30 cent. de nerf. . .	0,005
— — 20 — moelle. .	0,007
Perception, ordre volontaire (en moyenne)	0,100
Cheminement centrifuge dans 20 cent. de moelle. .	0,007
— — 30 — nerf. . .	0,005
Contraction musculaire.	0,010
	0,134

Pendant ce temps qu'a fait l'enfant?

Aussitôt le chat pincé, sachant ce qui le menace, il a retiré sa main. Les actes à accomplir sont seulement

	sec.
Cheminement centrifuge dans 20 cent. de moelle. .	0,007
— — 60 — nerf. . .	0,010
Contraction musculaire.	0,010
	0,027

L'enfant a donc plus d'un dixième de seconde d'avance : il ne sera pas griffé.

Mais voici qu'au contraire il pince la queue d'un chat qui dort. Il y va timidement, et retire vite la main ; mais le chat ne se réveille pas. Il recommence : même jeu. Il recommence encore, et cette fois enhardi, il pince énergiquement, surveillant le chat, jusqu'à ce qu'il le voie remuer. Vite alors il retire la main : il est trop tard.

La situation est en effet renversée. C'est au moment où le chat se retourne et lance sa griffe que l'enfant veut retirer sa main. C'est donc ce dernier qui souffre du retard d'environ un dixième de seconde dû à l'acte psychique, à la perception du mouvement opéré par l'animal. Cela suffit amplement, pour qu'il soit atteint et puni.

Je n'insiste pas davantage, et passe à un autre point de la physiologie générale des nerfs.

Conséquences de la section d'un nerf.

Supposez que nous coupions en travers un nerf mixte, c'est-à-dire un nerf qui contient des fibres motrices et des fibres de sensibilité. Immédiatement, toute la partie du corps à laquelle il se distribuait devient insensible, et les muscles refusent d'obéir à la volonté. En vain rapproche-t-on les deux bouts du nerf, les relie-t-on par une suture, la communication est interrompue, et cela pour de longs mois.

Pendant quelques jours encore l'excitation artificielle de l'extrémité périphérique du nerf fait contracter les muscles; mais cette propriété se perd bientôt. Parfois même, les muscles eux-mêmes cessent de se contracter sous l'excitation directe, par l'électricité, par exemple. Ils subissent alors une modification de structure, une *dégénérescence*, comme on dit, qui finit par amener une sorte de destruction.

Les nerfs coupés *dégénèrent* aussi dans leur bout périphérique, fibres motrices et fibres sensitives. Puis, ils reprennent leur structure, rétablissent leur communication avec les centres nerveux, et la sensibilité reparaît dans les parties paralysées. Le mouvement revient aussi, lorsque les muscles ne sont pas altérés par trop; et c'est de là que vient le précepte d'exciter par l'électricité tous les jours les muscles dont les nerfs ont été coupés par un coup de feu ou tout autre accident, afin de les entretenir en action nutritive en attendant la régénérescence des nerfs.

Souvent les parties où se rendaient les nerfs coupés, la peau surtout, sont le siège d'altérations très variées. Leur nutrition est évidemment troublée; mais on ne sait pas bien si ces troubles sont exclusivement dus à la paralysie des nerfs vaso-moteurs ou s'il n'y aurait

pas quelque action directe du système nerveux sur la nutrition : c'est un point encore en litige parmi les physiologistes. Ce qui est bien certain, c'est que le système nerveux agit sur la nutrition ; beaucoup d'affections de la peau sont dues à des excitations nerveuses, maladives, et se développent précisément sur le trajet d'un nerf.

Névralgies.

On donne le nom de *névralgies* (*νεῦρον, nevron*, nerf; *ἄλγος, algos*, douleur) aux excitations maladives des nerfs; elles ont, quand elles portent sur des nerfs de sensibilité, des effets souvent très douloureux. Ces effets sont surtout manifestes là où les nerfs émettent des branches qui atteignent la peau. Le type le plus parfait nous est fourni par la *névralgie intercostale*, avec point de côté, si douloureuse à chaque inspiration ; on peut faire crier le malade en pesant sur un des trois points d'émergence que je vous ai signalés (V. p. 410). Mais ce signe de douleur est un bon signe, puisqu'il permet de reconnaître aussitôt qu'on n'a pas affaire à une maladie interne.

Les névralgies cèdent généralement à des applications d'opium, ou à des injections sous-cutanées de morphine ; elles cèdent aussi, ce qui se comprend moins, à des excitants violents, comme vésicatoires ou brûlures. Le vieil Hippocrate l'avait déjà dit : de deux douleurs, la plus forte apaise l'autre.

Il y aurait encore bien à dire sur la physiologie générale des nerfs. Mais je crois devoir m'arrêter ici. Je n'ai plus qu'une observation à vous présenter ; mais elle me semble capitale.

Force accumulée dans les centres nerveux.

Si vous avez bien suivi tout ce que je vous ai dit des contractions musculaires, des actes réflexes, des impulsions venant directement des centres nerveux,

vous avez dû être frappées d'une chose, c'est qu'il n'y a jamais un rapport sensible entre l'effet obtenu et la cause excitatrice. Je m'explique : vous excitez un nerf moteur, le muscle se contracte ; et il se contractera avec la même énergie, que l'excitation ait été forte ou faible. La puissance de l'excitation d'un nerf de sensibilité peut étendre l'acte réflexe à une partie plus ou moins importante de la moelle épinière, mais là où cette action réflexe se produit, elle n'est pas plus forte, lorsque l'excitation est plus forte elle-même. D'un autre côté, le frôlement d'un nerf peut produire une contraction musculaire capable de soulever des kilogrammes. Que dis-je? Elle peut entraîner, chez les épileptiques, chez les tétaniques, des convulsions d'une violence extraordinaire.

En un mot, les choses se passent comme lorsqu'on tire la gâchette d'un fusil : il n'y a nulle proportionnalité entre la force déployée par le doigt et celle qui poussera la balle hors du canon.

C'est que ces deux forces sont absolument différentes ; la seconde, de beaucoup la plus considérable, était emmagasinée dans la poudre, et l'autre n'a fait que créer la condition de son dégagement.

Il en est de même dans l'organisme ; ce sont des *forces accumulées* antérieurement dans le muscle, dans les cellules nerveuses, qui éclatent, pour ainsi dire, lorsque l'excitation du nerf les y dispose. Si cette excitation se répète, les décharges successives épuisent la réserve des forces, et le muscle, le centre nerveux se refusent à agir : ils sont *fatigués*, comme on dit, et il faut attendre qu'ils se soient *rechargés* pour pouvoir en obtenir quelque chose.

Il y en a qui sont, nous ne savons pourquoi, capa-

bles de se charger de beaucoup plus de force que d'autres, à poids et à volume égaux. Les muscles d'une patte de chevreuil sont autrement vigoureux que ceux d'un mouton. Il est au contraire des personnes qui ne peuvent charger leurs éléments musculaires et nerveux d'une quantité suffisante de cette force de nature inconnue, qui ressemble à l'électricité, sans l'être très probablement. Celles-là sont bientôt lasses, épuisées, et ne se réparent que lentement.

Laissez-moi vous faire une comparaison tirée de la physique, et qui rendra claire cette partie si difficile de mon exposition. Vous connaissez la *bouteille de Leyde*, sa propriété de condenser de la force sous ses deux armatures. Vous savez que si elle reçoit une charge incessante d'électricité, elle en emmagasinera jusqu'à un point qui dépend, entre autres conditions, de la résistance opposée par la paroi isolante. Plus celle-ci est forte, plus la charge pourra être grande.

Or, vous pouvez comparer les éléments musculaires et nerveux à de petites bouteilles de Leyde. La nutrition a pour effet de les charger jusqu'à concurrence d'une résistance qui varie de l'une à l'autre. Naturellement, pour elle, comme pour les instruments de physique, la puissance de la décharge sera en rapport avec la quantité de force emmagasinée et dissimulée. Ici, le nerf moteur fait pour le muscle et le nerf sensitif fait pour le centre nerveux l'office de l'excitateur qui réunit les électricités de la bouteille de Leyde.

La comparaison peut même être portée plus loin. Quand la charge de la bouteille de Leyde devient trop forte, la résistance de l'isolateur peut être vaincue, et une décharge a lieu, à travers le verre; puis, si

l'isolateur est de nature à réparer sa brèche et que l'électricité continue à affluer, la bouteille se recharge pour se décharger à nouveau, et ainsi de suite. Or, il arrive, dans l'être vivant, des phénomènes analogues. Lorsque l'homme vieillit, par exemple, ses condensateurs musculaire et nerveux ne peuvent plus contenir la dose normale de force ; ils se déchargent presque au fur et à mesure, d'où vient ce tremblement qu'on nomme le *tremblement sénile* : aussi les muscles qui en sont frappés sont-ils incapables de produire un travail. Il est une maladie, la *chorée*, la *danse de Saint-Guy*, comme on l'appelle vulgairement, où la charge et la décharge se suivent régulièrement dans les centres nerveux : dans ce cas très-faibles sont les muscles, qui n'ont ni le temps ni le pouvoir d'emmagasiner, car ils exécutent des mouvements presque incessants. Il en est de même dans beaucoup de mouvements convulsifs, de *tics*. Enfin, et cela est plus intéressant peut-être, cette charge et décharge successive et rhythmique s'opèrent à titre régulier dans les organes les plus importants pour la conservation de la vie.

En effet, tandis que la force produite par suite des actes nutritifs ne charge, dans l'état de santé, les appareils nervo-musculaires que jusqu'à leur degré de résistance normale, elle s'écoule d'une manière continue sur les centres nerveux et les muscles qui président à la respiration et à la circulation. Incessamment surchargés, ils se déchargent rhythmiquement, et attendent, pour entrer de nouveau en action, d'être de nouveau sursaturés.

En résumé, nous portons, toujours prêts à agir, en quantités innombrables, de microscopiques maga-

sins où est accumulée, enchaînée, la force, et qui n'attendent qu'un signal, qu'une excitation, pour rendre à la captive son utile liberté.

Il n'est donc pas étonnant que sa dépense dans les actes musculaires et nerveux, qui se solde toujours par un mouvement, c'est-à-dire un travail mécanique, entraîne de toute nécessité une réparation. Rien ne se perd et rien ne se crée, ni en matière ni en force, dans la nature morte comme chez l'être animé. Nous avons vu, en parlant de la nutrition, comment il est fait face par une recette incessante à cette dépense incessante.

Les sensations en général.

Les animaux sont en rapport avec le monde extérieur par des terminaisons sensibles, nerveuses, qui les renseignent sur les propriétés et la position des corps qui les entourent. Des organes spéciaux, dont je vous ai déjà indiqué la structure, sont placés à ces extrémités comme des espèces d'instruments grossissants, qui rendent plus faciles leur mise en activité.

Les cinq sens.

Les impressions produites par les corps extérieurs sont très nombreuses et très variées; cependant on les a groupées de tout temps sous cinq chefs principaux, et l'on dit que les animaux ont cinq *sens*, correspondant à cinq ordres d'impressions : le sens du *toucher*, le sens du *goût*, le sens de l'*odorat*, le sens de l'*ouïe*, le sens de la *vue;* nous y ajouterons le sens *thermique*, correspondant aux impressions de chaleur ou de froid.

Dans la mise en jeu du sens du toucher, les corps

nous sont connus par leur contact même, à l'état solide ou liquide. Pour impressionner le sens du goût, ils doivent être liquides ou dissous; pour le sens de l'odorat, ils agissent par des particules volatiles qui s'en détachent. Le sens de l'ouïe nous révèle les vibrations matérielles de l'air que suscitent leurs propres vibrations. Enfin les impressions visuelles et les impressions thermiques nous renseignent sur des vibrations d'une nature spéciale, que les physiciens désignent sous le nom d'*éthérées* et qui se transmettent là où ne se trouve aucune matière pondérable.

Il n'est pas étonnant, en présence de cette délicatesse croissante de la cause qui produit les sensations, de voir les organes qui les recueillent devenir eux aussi de plus en plus délicats : tel l'œil comparé à la peau. Cependant les impressions thermiques font exception, puisqu'elle nous sont transmises par tous les nerfs sensibles.

Sensations objectives et subjectives.

Avant d'aborder l'étude un peu détaillée de chacune de ces sensations, je dois vous faire une remarque générale d'une très grande importance. Mais, pour ne pas donner tout d'abord à son énoncé un aspect philosophique trop rébarbatif, je vais faire appel à une observation qui vous est familière.

Il n'est personne de vous qui n'ait, par fortune, reçu quelque coup sur l'œil. Que signifie l'expression proverbiale, usitée en pareil cas: *voir trente-six chandelles?* Elle veut dire qu'une impression visuelle peut provenir d'une autre source qu'une excitation lumineuse. Mais il s'agit encore ici d'une excitation venant du dehors; faisons un pas de plus. Lorsqu'on est resté quelque temps la tête baissée, il n'est pas rare, si l'on

se relève brusquement, d'être pris d'un éblouissement, fût-on dans la plus profonde obscurité. Voici encore une sensation visuelle sans lumière, cette fois sans excitation venue du dehors : l'excitation est produite par un changement brusque dans la circulation cérébrale. Enfin, dans certaines formes de migraine, les malades ont quelquefois des sensations visuelles très nettes et très vives qui n'ont aucun rapport avec le monde extérieur.

Ceci montre d'abord que nous pouvons éprouver des sensations venant les unes du dehors, les autres de l'excitation de nos organes eux-mêmes. On appelle les premières *objectives* (venant d'un objet extérieur), les autres *subjectives* (venant du *sujet*, de l'observateur lui-même).

Mais une conséquence plus intéressante, c'est que la sensation ne dépend pas seulement de l'organe sensoriel, ni de la nature de l'excitation. Elle dépend de l'excitation du centre nerveux percepteur lui-même. Ceci est trop important et trop délicat pour que je n'insiste pas.

Je reprends mon exemple, tiré des sensations visuelles (fig. 370). Vous voyez en R la rétine, cette membrane que je vous ai décrite et qui n'est que l'épanouissement du nerf optique, puis ce nerf N O, puis les tubercules quadrijumeaux ou optiques T O, avec lesquels il est en rapport; enfin la partie de l'hémisphère cérébral H C, où se transmet l'impression pour devenir sensation perçue, consciente. Or, toute excitation portée sur un point quelconque de ce trajet nerveux ébranlera définitivement l'hémisphère cérébral dans la partie où il aboutit, et donnera naissance à la sensation visuelle.

Celle-ci peut donc avoir lieu :

1° Quand on excite la rétine, soit par la lumière, comme c'est le cas régulier, soit par tout autre moyen. On raconte qu'un chirurgien qui enlevait une cataracte eut la coupable curiosité de toucher la rétine avec son instrument : la malade éprouva une sensation lumineuse.

2° Quand on excite le nerf optique directement. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'on est obligé

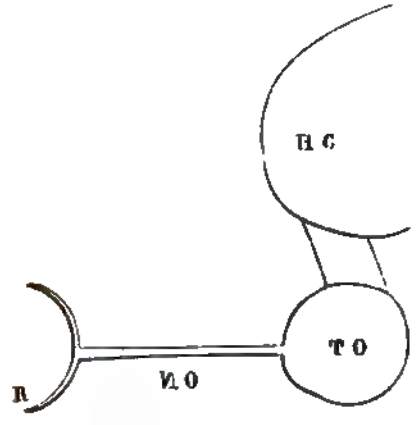


Fig. 370. — Figure schématique exprimant le trajet nerveux de la rétine R à l'hémisphère cérébral.

d'extirper un œil; au moment où l'on coupe le nerf, le malade accuse un éblouissement très vif, que n'accompagne aucune douleur dans le sens ordinaire du mot.

3° Quand on excite les tubercules optiques. Les maladies cérébrales nous en fournissent un certain nombre d'exemples.

4° Quand est excité l'hémisphère cérébral dans la partie que nous envisageons. Ce sont encore les maladies cérébrales qui nous ont enseigné cette vérité.

l'excitation peut être ou simple et passagère et ne donner qu'une sensation confuse, comme dans les éblouissements consécutifs aux congestions cérébrales; mais elle peut être constante, régulière, de manière à engendrer des sensations complexes, à donner naissance à des images. On connaît de nombreux exemples de ces sensations erronées, de ces visions de figures qui ne se rapportent pas au monde extérieur et qui proviennent d'une altération excitatrice des centres nerveux. Ce sont là les *hallucinations* simples, c'est-à'dire celles dont le malade a conscience, qu'il sait n'avoir aucune réalité objective, auxquelles il ne croit pas, et dont il s'inquiète et souffre d'autant plus. Mais le plus souvent les fonctions du cerveau sont bien plus profondément lésées, et l'hallucination, de la réalité de laquelle le malade est solidement persuadé, n'est qu'un des symptômes de la folie.

En résumé, vous voyez qu'il y a un centre dont l'excitation, d'où qu'elle vienne, de quelque nature qu'elle soit, produit une sensation lumineuse. Il y a de même un centre pour la sensation auditive, un pour la sensation olfactive, etc.

Ce n'est donc en réalité ni l'organe sensoriel spécial, ni l'excitation spéciale qui produisent la sensation spéciale, c'est le centre nerveux spécial. Sans doute, dans l'état régulier et normal des choses, c'est l'excitation de l'œil, produite par la lumière, qui détermine la sensation lumineuse, et c'est l'excitation de l'oreille interne, produite par les vibrations aériennes, qui détermine la sensation auditive. Mais un choc, un courant électrique produisent les mêmes effets.

Extériorisation des sensations.

Cette notion capitale peut s'exprimer sous une autre forme encore : lorsqu'une excitation est portée en un point quelconque du trajet nerveux allant de l'appareil sensoriel au centre nerveux (par exemple, fig. 570 de R à H C), nous la considérons comme provenant de l'extrémité périphérique du nerf sensoriel (de la rétine R), c'est-à-dire du point d'où nous proviennent d'habitude de sensables sensations.

Ceci va nous donner la clef de bien des faits en apparence étranges.

Vous vous heurtez le coude, au point où le nerf cubital passe entre l'os et la peau ; vous ressentez une assez vive douleur, où? au coude? non, à l'extrémité du petit doigt. C'est que vous avez impressionné au milieu de leur trajet les fibres nerveuses sensibles qui rapportent au centre les excitations venant du petit doigt, et vous rapportez à leur extrémité la sensation qui en réalité provient de leur partie moyenne.

Un soldat a subi une amputation de la cuisse. Son moignon s'enflamme, et il se plaint vivement de son pied absent qui lui fait mal. C'est que l'inflammation a irrité, dans la cicatrice, les nerfs coupés qui revenaient jadis du pied, et le blessé, malgré qu'il proteste contre son interprétation même, jure en s'étonnant que c'est l'extrémité disparue qui est excitée.

Un malade est atteint d'une névralgie faciale qui a résisté à tous les traitements. Il s'est fait arracher sans résultat toutes les dents, saines ou non, car c'est de là, dit-il, que le mal part. Le chirurgien coupe le nerf de sensibilité aussi haut que possible. Mais la douleur persiste : c'est qu'elle a son siège dans une altération beaucoup plus voisine du centre nerveux

ou dans ce centre lui-même, et que, par illusion, le malade la rapportait aux extrémités dentaires.

Je m'arrête dans cette énumération. Les exemples que je viens de vous citer sont du reste suffisamment démonstrateurs de cette vérité que nous supposons toujours transportée à l'extrémité périphérique du nerf de sensibilité toute excitation portée sur un point quelconque de son trajet, y compris le centre nerveux, auquel il aboutit : c'est ce qu'on exprime en disant que les sensations sont *extériorisées*. Vous comprenez alors comment des personnes atteintes de maladies des centres nerveux peuvent éprouver des sensations qu'elles rapportent par erreur à des excitations extérieures, et qui engendrent des conceptions délirantes. Les fous sont particulièrement sujets à ces *hallucinations*, dont la réalité extérieure ne fait pour eux aucun doute. Et ceci vous explique comment des fous, devenus aveugles, ont pu avoir des hallucinations de la vue.

LES SENSATIONS VISUELLES.

Je vous ai expliqué la structure de l'œil et vous ai montré la marche que suivent les rayons lumineux traversant la cornée, limités par l'iris, concentrés par le cristallin, enfin reçus par la rétine, expansion terminale du nerf optique. Étudions maintenant les sensations que transmet ce nerf aux centres cérébraux.

Vision droite avec images renversées.

Tout d'abord une question se présente, qui a beaucoup fait réfléchir les philosophes. Les objets, avons-nous dit, sont reproduits sur la rétine (fig. 371) en

une image petite et *renversée*. Comment se fait-il que nous les voyions droits cependant? Je vous fais grâce de toutes les explications, plus bizarres les unes que les autres, qui ont été mises en avant. C'est que les philosophes ont toujours raisonné comme si l'intelligence était logée derrière l'œil, regardant le monde au travers, ainsi que nous ferions avec une lentille; oui, s'il en était ainsi, nous serions à bon droit étonnés, et il nous faudrait, pour redresser l'image, une longue et pénible habitude. Ai-je besoin de vous dire qu'il n'en est rien?

Fig. 371. — Image renversée dans le fond de l'œil.

Cette question n'est qu'un cas particulier d'un problème bien autrement général et bien autrement intéressant. Nous ne connaissons le monde extérieur que par nos sensations, cela est évident. Un être qui serait aveugle, sourd, privé de goût et d'odorat, insensible aux contacts et à la chaleur, en admettant qu'il pût vivre dans ces conditions, ne saurait absolument rien, et son intelligence serait la *table rase* dont ont tant parlé les métaphysiciens. Mais si les sensations sont indispensables pour fournir à l'intelligence les éléments de la connaissance extérieure, c'est l'usage qu'en fait l'intelligence qui est tout.

J'entends des sons, et je reconnais qu'ils provien-

nent d'un violon. Que s'est-il passé cependant? Simplement ceci : que certaines fibres de mon nerf auditif ont été ébranlées, impressionnées; il n'y a rien là qui parle de violon. Mais comme des expériences antérieures, fréquemment répétées, m'ont appris que toutes les fois que ces sensations particulières me parvenaient par la voie de l'oreille, il m'en parvenait d'autres par la voie de l'œil qui me montraient l'instrument violon, j'ai intimement lié dans ma pensée toutes ces connaissances, si bien qu'il me suffit d'entendre les sons pour affirmer leur origine et, bien mieux, pour me représenter clairement à l'esprit et le violon et celui qui en joue.

De même, chez l'enfant dont le sens visuel s'éveille, une certaine image qui frappe le fond de son œil se met en rapport avec d'autres sensations pour lui représenter sa mère; et toutes les fois que cette image apparaîtra, il y reconnaîtra sa mère. Il importe peu que cette image soit droite ou renversée, verticale ou horizontale; elle est un signe qui lui révèle le monde extérieur. Quant à elle, il ne la connaît pas, il ne sait même pas où elle est; ce n'est qu'à la longue qu'il saura qu'elle lui vient de l'œil, et jamais, s'il n'apprend la physiologie, il ne se doutera un instant que l'image de sa mère se peint sur sa rétine la tête en bas.

Voilà un petit chapitre de *psychologie physiologique* qui vous aurait quelque peu effrayées, si je vous l'eusse annoncé, et pourtant vous comprenez comment il fallait que je saisisse un prétexte pour bien vous pénétrer de cette notion fondamentale sur l'origine de nos idées. Il n'y a rien, a dit un philosophe célèbre, qui soit dans l'intelligence sans avoir été

d'abord dans nos sens : cela est vrai, sauf l'intelligence elle-même; sans elle, nous ne serions qu'une collection d'images. Ce sont les raisonnements qu'elle fait à propos de ces images, les jugements qu'elle porte sur elles, qui lui font son magasin d'idées. Un lien que l'expérience répétée rend de plus en plus solide unit le corps extérieur, l'impression sensorielle avec la perception consciente, d'où résulte la notion intellectuelle exacte du corps extérieur.

On s'est demandé pourquoi nous voyons les objets droits malgré les images rétiniennes renversées; il fallait aussi se demander pourquoi nous ne nous figurons pas que les objets sont situés dans le fond de notre œil, puisque c'est là qu'ils nous touchent, en somme. C'est toujours la même raison; c'est toujours le jugement porté par l'intelligence sur la sensation qui nous en révèle la cause extérieure.

Mais laissons là cette philosophie, et revenons aux faits : aussi bien elle en ressort à chaque instant, et, tenez, en voici encore un exemple des plus curieux.

Champ visuel, point visuel

Quand nous regardons devant nous avec un seul œil ouvert, nous voyons un espace limité par la saillie des sourcils, du nez, de la pommette. En dehors, où l'œil affleure à peu près, son extension est plus grande qu'en dedans, où le nez l'arrête. C'est là ce qu'on appelle le *champ visuel*.

Dans ce champ visuel, il semble bien, n'est-il pas vrai, que nous voyons tout ce qui s'y trouve. Sans doute, il y a un point, celui que nous fixons précisément, où la vue est infiniment plus claire que pour le voisinage; plus les objets en sont écartés, moins leur image est nette pour nous. Ce point *visuel*, pour le dire en passant, n'est pas placé au hasard; il cor-

respond à une région de la rétine qui possède une structure particulière, et où se trouve le maximum de sensibilité de la membrane (fig. 373, M); aussi est-ce lui que nous dirigeons toujours vers l'objet que nous voulons bien voir. Mais enfin, en dehors de lui, la vision *indirecte*, comme on dit, existe. On peut même apprendre à s'en servir utilement; et c'est elle, par exemple, qui nous permet d'embrasser d'un coup tout un ensemble, de voir tout un paysage.

Tache aveugle

Je vais sans doute vous étonner très fort en vous apprenant que dans le champ visuel il y a un espace considérable que nous ne

Fig. 372. — Cercles blancs pour l'expérience de la tache de Mariotte.

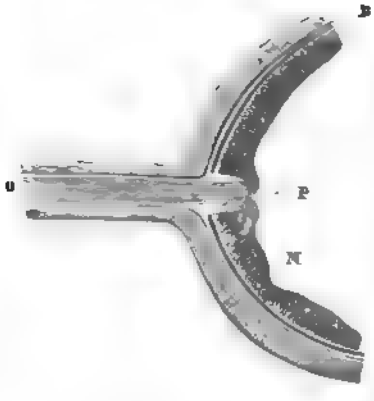


Fig. 373. — Coupe schématique de la rétine : O nerf optique, P son entrée dans l'œil (point aveugle); M petite fosse où se fait ordinairement la vision directe.

voyons pas. Faites l'expérience suivante :

Voici deux cercles blancs, à une certaine distance l'un de l'autre (fig. 372). Placez-les horizontalement devant vous; fermez l'œil gauche, et regardez bien fixement le cercle de gauche. Vous voyez, j'en suis

sûr, dans la vision indirecte, celui de droite. Maintenant, éloignez-vous progressivement jusqu'à ce que votre œil soit à 25 centimètres environ du papier; à ce moment, le cercle de droite aura complètement disparu. Mariotte, qui amusa beaucoup de cette découverte les courtisans de Louis XIV, montra que cette lacune dans la sensibilité de la rétine est telle qu'elle équivaut, en regardant le ciel, à un espace qui aurait onze fois le diamètre apparent de la pleine lune. Elle correspond au point (fig. 373, P) où le nerf optique entre dans l'œil et où il s'épanouit pour former la rétine. Là, il ne possède pas la structure délicate et compliquée de la membrane rétinienne. et n'est pas plus impressionnable par la lumière que ne le serait le nerf sciatique.

C'est donc comme une large tache noire que nous aurions dans l'œil, tache qui se promènerait partout sur ce que nous regardons; et cependant, jusqu'au dix-huitième siècle, personne ne s'en était douté. Sans doute vous ne vous en doutiez pas vous-mêmes, et cependant si l'on vous mettait devant l'œil un verre de lunette, et si l'on collait sur une partie de ce verre un pain à cacheter noir, de manière à produire une tache artificielle de même dimension que la tache naturelle, vous vous trouveriez singulièrement et désagréablement gênées. Oui, mais je puis vous prédire que bientôt, si la tache vous laissait libre le point visuel (fig. 373, M), vous ne vous en apercevriez plus; c'est, au reste, ce qui arrive dans certaines maladies (*kératites*, inflammations de la cornée, de κερὰς, *kéras*, cornée), qui amènent des taches ou des raies opaques sur la cornée.

Voilà donc un fait naturel, puis une expérience

qui nous prouvent que nous finissons par n'avoir plus aucune conscience de certains manques de sensation, lorsqu'ils durent assez longtemps. Nous verrons, et cela est plus curieux encore, en parlant de la vision par les deux yeux, que nous négligeons de même et finissons par ignorer réellement des sensations actives, véritables, lorsqu'elles nous gênent ou simplement nous sont inutiles. Ainsi l'*attention* que nous accordons aux sensations leur donne leur réelle importance, et vous voyez comment l'éducation peut arriver soit à développer singulièrement leur acuité, soit à les atténuer, à les annihiler même.

Voyons maintenant des phénomènes propres à la sensation elle-même.

Persistance des impressions lumineuses.

Le premier que je vous signalerai est la *persistance des impressions lumineuses*. L'expérience la plus simple, vous la connaissez toutes, c'est le morceau de bois enflammé par un bout que l'enfant fait tourner en cercle, et qui bientôt paraît décrire un cercle lumineux continu. Cette illusion provient de ce que l'impression produite par le charbon ardent sur un point de notre rétine a duré plus longtemps que le parcours du cercle, et n'était pas éteinte quand le charbon a reparu. Il y a donc eu continuité dans la sensation, la même chose s'étant répétée pour tous les points impressionnés, et par suite une ligne continue, au lieu d'un point mobile.

C'est la même raison qui fait que la fusée ou l'étoile filante trace une ligne lumineuse, que la pluie qui tombe semble rayer le ciel, que les barreaux d'une roue qui tourne disparaissent, etc. C'est aussi pour cette raison que nous ne voyons pas un boulet qui passe devant nous; l'impression que fait sur notre

œil le fond lumineux, persiste beaucoup plus longtemps que l'éclipse si peu durable qu'en fait le projectile opaque qui se meut avec rapidité.

Des amusements nombreux sont basés sur les applications de ce fait physiologique. En voici un bien

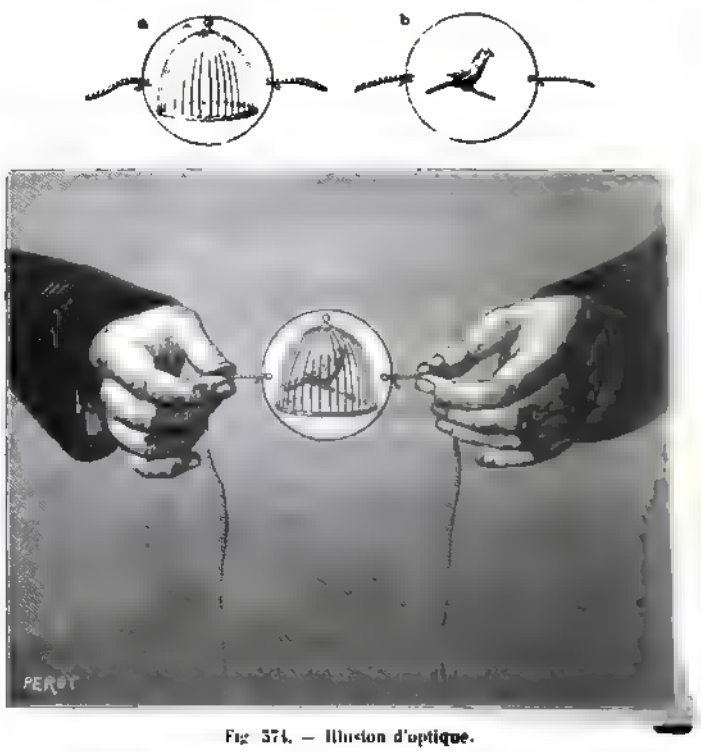


Fig. 374. — Illusion d'optique.

connu (fig. 374). Sur l'une des faces, *a*, d'une planchette, est dessiné un oiseau; sur l'autre, *b*, une cage. On imprime à la planchette, à l'aide d'une ficelle, un mouvement de rotation rapide, et l'oiseau paraît enfermé dans la cage.

Les toupies dites d'Allemagne (fig. 375) sont extrêmement commodes pour étudier ces effets de la persistance. En y plaçant par exemple le disque ci-contre

(fig. 376, A), on le voit, pendant la rotation, complètement gris, par suite de la persistance des impressions blanches pendant le passage du noir et des

Fig. 375. — Toupie d'Allemagne.

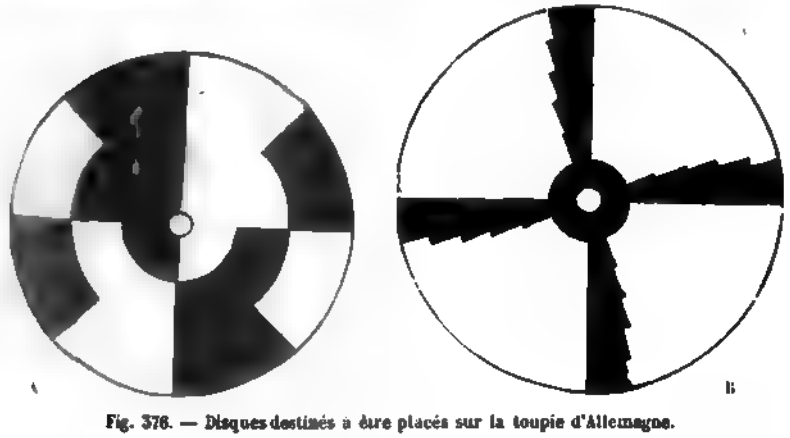


Fig. 376. — Disques destinés à être placés sur la toupie d'Allemagne.

impressions noires pendant le passage du blanc.

Pour une raison analogue, bien qu'un peu plus compliquée, le disque B donnera la sensation d'anneaux concentriques.

Le *phénakisticope* (φέναξ, *phénax*, trompeur), appelé

aussi *disque stroboscopique* (στρόβος, *strobos*, tourbillon), est un instrument plus compliqué, qui produit des effets de continuité par l'apparition successive et rapide d'images différentes devant l'œil (fig. 377).

Le plus curieux de tous ces instruments est le *zootrope* (ζῶον, *zôon*, animal; τρέπειν, *trépein*, tourner). Il est aujourd'hui entre les mains de tous les enfants.

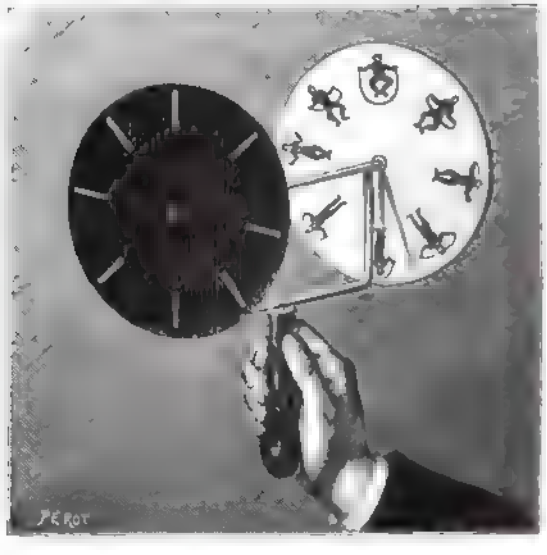


Fig. 377. — Disque stroboscopique.

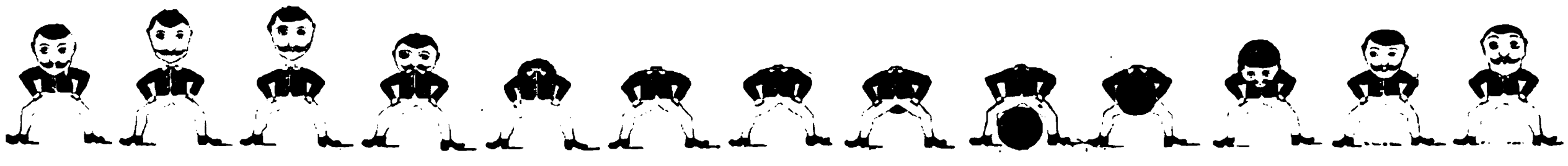
Un cylindre de carton, tournant autour d'un axe vertical, est percé de nombreuses petites fenêtres fort étroites (fig. 378). On dispose dans l'intérieur une bande de papier sur laquelle sont représentés tous les temps successifs d'un certain mouvement, par exemple le saut d'un homme par-dessus un obstacle. On regarde par une fente, puis on imprime un très-vif mouvement de rotation au cylindre. Les fentes lumineuses se succédant rapidement devant l'œil, font le même effet que si l'on voyait d'une ma-

nière continue, à travers une fente fine; d'autre part, les phases successives du mouvement représentées par le dessin semblent se suivre sans interruption, et le spectateur croit voir, sans transition ni temps d'arrêt, s'exécuter le mouvement tout entier.

Fig. 378. — Zootrope.

On a ajouté à cet effet d'optique, déjà intéressant, une complication que je dois vous signaler, parce qu'elle se trouve presque toujours dans les jouets de cette espèce. En faisant un nombre de dessins inférieur à celui des fentes, l'homme représenté paraît sauter en avant; s'il y a au contraire plus de fentes que de dessins, le saut semble opéré en arrière (fig. 379). La théorie de ces illusions est trop compliquée pour que je puisse vous la donner ici, et d'ailleurs elle vous intéresserait peu.

On a essayé de mesurer cette durée des impressions lumineuses sur la rétine; mais il n'est pas possible



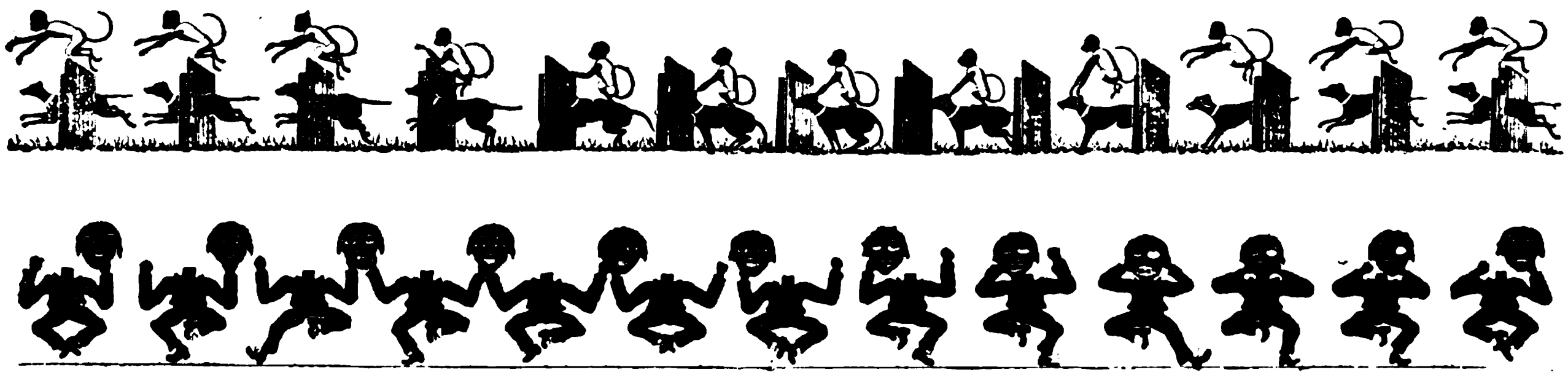


Fig. 379. — Figures du zootrope : A, nombre de figures égal à celui des fentes : la tête paraît quitter les épaules et passer entre les jambes sans que l'homme bouge de place ; B, nombre des figures inférieur à celui des fentes : le singe et le chien paraissent sauter en avant ; C, nombre des corps égal à celui des fentes, et nombre des têtes inférieur : le corps paraît sauter en place, tandis que la tête chemine.

de donner des valeurs absolues. L'intensité de l'éclairage, la différence de valeur entre la luminosité de l'objet qui remue et celle du fond sur lequel il se détache, jouent un rôle considérable. Ainsi les rais d'une roue de voiture qui semblaient confondues sous une lumière diffuse, apparaissent soudain séparées si un rayon de soleil vient les éclairer vivement. De même le boulet, ralenti déjà, mais encore invisible quand il passe sur le ciel, sera aperçu du soldat s'il rase la terre sombre. Cependant, par un éclairage moyen, on peut estimer cette persistance à un dixième de seconde.

Images consécutives.

Cette persistance se traduit encore par un phénomène fort intéressant. Regardez pendant quelques minutes un objet brillant, puis soudain un papier gris. Dans des conditions favorables, vous continuez à voir l'objet en clair d'abord, pendant un temps très court, puis en noir, puis en clair, puis en noir, et ainsi de suite, avec une intensité de moins en moins grande, jusqu'à disparition de l'image. Si l'objet présentait des parties lumineuses et des parties obscures, comme il arrive pour une fenêtre avec ses barreaux, il se fait dans ces images *consécutives*, comme on les appelle, des alternances d'aspect fort curieuses, le noir devenant blanc et réciproquement.

La plupart des physiologistes expliquent ce curieux phénomène par une fatigue de la rétine trop vivement impressionnée par l'objet lumineux, et qui n'est plus sensible, dans le point primitivement excité, à de nouvelles impressions. De là, l'obscur succédant au lumineux. Mais les oscillations successives sont difficiles à expliquer par cette théorie.

Fatigue de la rétine.

Ce n'est pas que la fatigue de la rétine ne soit une chose bien réelle. Voici une expérience bien simple qui vous en convaincre. Sur une feuille de papier blanc mettez un morceau de papier noir, éclairez vivement, et regardez l'ensemble; au bout de trois ou quatre secondes seulement, retirez le papier noir: vous verrez à sa place une tache blanche, et votre papier blanc vous paraîtra grisâtre. Plus longtemps vous aurez regardé, plus l'effet sera tranché; au bout d'une minute, le papier blanc aura tellement fatigué la rétine qu'il aura perdu un tiers de son intensité. Aussi semblera-t-il tout gris à côté de la partie où le noir a protégé la rétine contre un excès de lumière.

Remarquez que jusqu'à ce que vous ayez ôté le petit morceau de papier noir, vous ne vous étiez nullement aperçues de l'affaiblissement de la sensation. et que vous n'hésitiez pas à appeler blanc un papier qui, en réalité, vous donnait une sensation correspondant pour un œil reposé à un gris notable. Vous ne vous en êtes aperçues que par le contraste; c'est qu'en effet nous apprécions nos sensations non par leur valeur absolue, mais par leur valeur relative. Et vous voyez quelles énormes erreurs nous pouvons commettre sans que rien nous en avertisse, en appréciant par nos sens les qualités des objets extérieurs.

Cependant, lorsque l'on regarde avec une certaine fixité des dessins gris sur un fond blanc, ce fond devenant gris à son tour, la sensation finit par devenir moins nette, et on se repose instinctivement, en fermant quelque temps les yeux. Du reste, le clignement de l'œil donne un certain repos qui vaut par sa fréquence plus que par sa durée.

Appréciation des intensités lumineuses.

L'appréciation des intensités lumineuses se fait donc toujours d'une manière comparative. Pour l'œil du prisonnier au cachot, la gamme lumineuse a peu d'étendue, mais infiniment de nuances; s'il vient au grand jour, sa rétine, devenue très sensible aux faibles impressions, est *éblouie*, c'est-à-dire instantanément fatiguée par la grande lumière. Pour le dire en passant, on a mesuré le minimum de lumière qu'un œil humain peut percevoir après un long repos; il s'est trouvé égal au millionième de l'intensité de la lu-

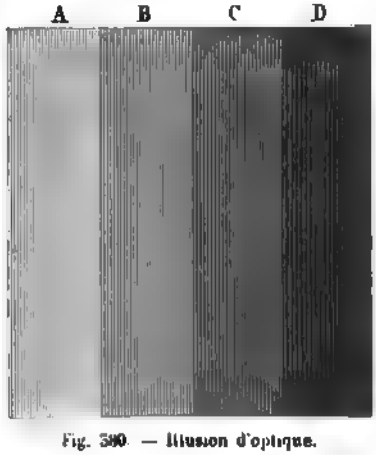


Fig. 380. — Illusion d'optique.

mière du jour. Inversement, en entrant dans une cave, nous n'y voyons pas clair, à cause de l'état de fatigue dans lequel était notre rétine, état qui la rendait impropre à recevoir les impressions très faibles; nous fermons alors les yeux quelques instants, jusqu'à repos complet, et des détails jusque-là invisibles nous apparaissent nettement.

La mesure des intensités peut encore nous échapper, ou du moins être faussée par les effets de contraste. Voici quatre bandes A, B, C, D, formées cha-

cune d'une teinte plate uniforme. Si vous les regardez avec attention, vous éprouvez non la sensation de teintes plates, mais celle de cannelures. C'est que la bandes C, par exemple, paraît plus claire, par contraste, au contact de la bande D, et plus foncée au contact de la bande B. Il y a donc là une erreur qui tient non à la sensation optique, mais au jugement que nous portons sur cette sensation.

Si, à une bougie qui m'éclaire, j'ajoute une autre bougie, j'ai la sensation d'une impression deux fois plus forte, l'intensité optique a doublé. Si j'ajoute encore deux bougies, elle double encore, ou à peu près. Mais si de quatre bougies je passe à huit, l'intensité n'est pas doublée pour moi. De huit à seize. elle augmente à peine ; au delà, plus du tout. Il y a donc une limite supérieure à l'appréciation de l'intensité lumineuse, au delà de laquelle une plus grande quantité de lumière ne sert plus à rien.

Cet excès même est nuisible, car alors les parties dans l'ombre paraissent presque aussi lumineuses que les parties éclairées. C'est ce qui fait la monotonie des paysages éclairés par un vif soleil. C'est pour cette raison que les peintres, afin d'apprécier les valeurs lumineuses, clignent de l'œil, et diminuent ainsi l'éclairage.

Si, sous une très vive lumière, tout tend à l'uniformité, les éclairages très faibles faussent notre appréciation dans un sens opposé. Alors les objets éclairés semblent plus clairs relativement qu'ils ne sont en réalité, et les objets dans l'ombre plus obscurs. De là, les effets singuliers des crépuscules, des clairs de lune ; de là, tant d'histoires de fantômes et d'apparitions, car alors les objets paraissent non seulement

beaucoup trop lumineux, mais beaucoup trop grands.

En effet, c'est un fait connu et bien curieux qu'un objet lumineux paraît plus grand, à dimensions éga- *Irradiation.*

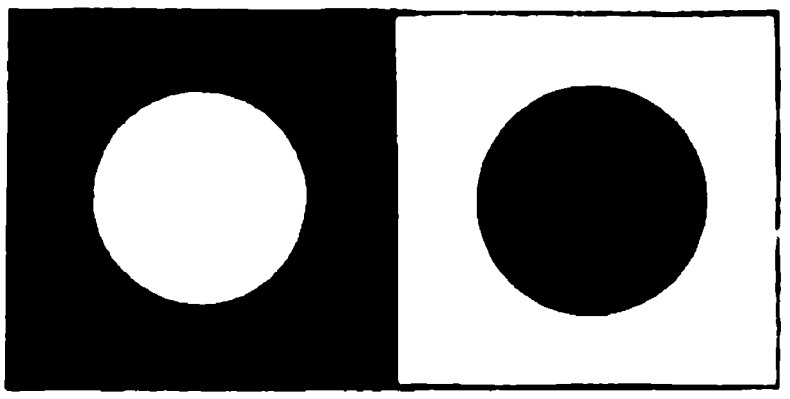


Fig. 381. — Cercles égaux : irradiation.

les, qu'un objet obscur. Voici deux cercles de même dimension (fig. 381); l'un est noir sur un fond blanc, l'autre blanc sur un fond noir : à coup sûr, le premier nous semble plus petit que le second.

On appelle *irradiation* cette amplification exagérée qui a été observée de tout temps. Sa valeur augmente, mais assez peu, avec l'intensité de l'éclairage. Elle paraît augmenter aussi avec l'éloignement, et c'est

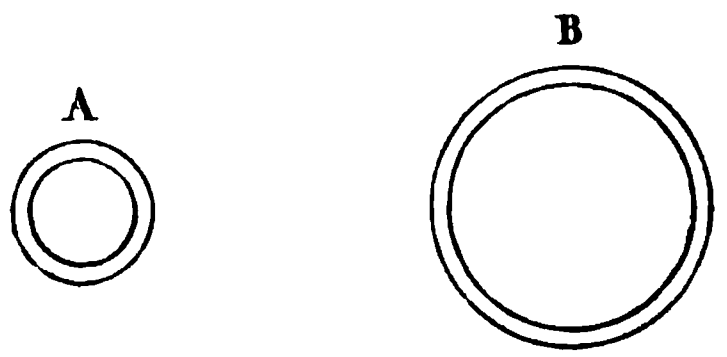


Fig. 382. — Figure expliquant comment l'irradiation paraît augmenter avec la distance.

pourquoi les becs de gaz nous paraissent la nuit si énormes dans le lointain. En réalité, elle reste toujours la même, et voici l'explication de cette différence apparente.

L'irradiation entoure les corps lumineux d'une zone elle-même lumineuse qui a toujours la même dimension sur la rétine. Or, plus les corps sont éloignés de nous, plus petite sera leur image sur la ré-

tine. Il arrive donc, par exemple, que s'ils sont près, ils paraîtront augmentés par l'irradiation du sixième de leur diamètre (fig. 382, B), et s'ils sont assez loin pour que leur diamètre apparent soit réduit au tiers de ce qu'il était, l'irradiation paraîtra le grandir à nouveau d'un tiers (fig. 382, A). En réalité, la zone irradiée sera toujours la même.

Les effets de cette nouvelle cause d'erreur sont des plus variés et des plus curieux. C'est elle qui fait que le croissant de la lune paraît plus grand qu'il ne devrait paraître (fig. 383), comme on s'en aperçoit lorsqu'il y a *clair de terre* sur la lune, et qu'on peut voir le reste du disque beaucoup moins éclairé, et qui paraît d'un diamètre bien plus petit. C'est elle qui fait qu'un rectangle noir se détachant sur un fond blanc très lumineux est mangé aux angles et excavé sur ses

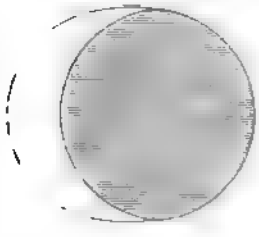


Fig. 383. — Croissant lunaire paraissant de plus grand diamètre que le reste du disque.

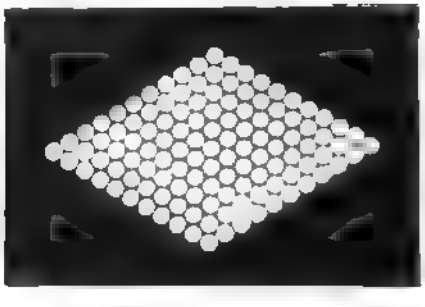


Fig. 384. — Effet d'irradiation.

bords, tandis qu'un rectangle lumineux sur fond obscur grossit et s'arrondit. De là, pour le dire en passant, des applications à la toilette, et la raison

pour laquelle les robes noires rendent la taille svelte, tandis que les robes blanches, qui irradient, l'épaississent.

C'est encore à l'irradiation qu'est dû l'effet singulier de la figure que je vous présente (fig. 584). Ce sont, sur un fond noir, des points blancs parfaitement ronds. Vous croiriez les voir hexagonaux, parce qu'ils tendent à s'agrandir au maximum, et à *manger* les intervalles noirs.

La théorie de l'irradiation n'a pas encore été donnée d'une manière satisfaisante.

Mais nous ne percevons pas seulement par l'œil la présence, ou l'absence, ou la quantité de la lumière; nous y distinguons des qualités, que nous appelons des *couleurs*. Ceci demande d'abord quelques mots d'explication.

Origine physique des couleurs.

Vous savez qu'il est démontré aujourd'hui que la lumière est le résultat d'ondulations qui se propagent avec une rapidité prodigieuse (300 mille kilomètres par seconde), mais qui diffèrent les unes des autres par leur ampleur. Toutes ces espèces d'ondulations sont réunies dans un même faisceau de lumière solaire, qui est appelée lumière blanche. Mais quand on force ce faisceau à traverser des matières transparentes taillées en prisme, ses diverses parties constituantes n'étant pas également déviées par le prisme se séparent les unes des autres, et le rayon s'étale en un *spectre solaire*, qui présente alors les couleurs de l'arc-en-ciel : la plus déviée est le violet, la moins déviée est le rouge. Les physiciens ont démontré que de chaque côté de ce spectre il y a encore des ondulations déviées; mais elles sont incapables d'impressionner notre rétine. La visibilité

commence dans le rouge pour les ondulations ayant environ 800 millionièmes de millimètre, et finit dans l'ultra-violet, pour celles qui n'ont guère que 200 millionièmes, c'est-à-dire quatre fois moins.

Entre les deux s'échelonnent les couleurs diverses, suivant la série bien connue : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, violet.

Du côté du rouge, le spectre finit brusquement ; tout semble prouver que les ondulations plus longues ne peuvent réellement être perçues par nous. Du côté du violet, au contraire, il va en diminuant progressivement de visibilité, si bien qu'on ne sait trop où s'arrête celle-ci. Des recherches récentes ont montré qu'en augmentant l'intensité de la région ultra-violette, on pouvait la rendre visible fort au delà de la limite ordinaire. Les régions ainsi découvertes ont paru d'un gris lavande, avec une nuance rosée qui semble indiquer un retour vers le rouge.

Mais elles n'ont révélé et ne pouvaient révéler aucune couleur nouvelle, et cela pour une raison bien simple : c'est que comme les sensations colorées dépendent d'une manière d'être des centres nerveux optiques, elles nous étaient toutes connues par l'excitation directe de la rétine ou du nerf optique. Les trente-six chandelles du coup dans l'œil nous ont révélé toutes les couleurs possibles, c'est-à-dire tous les modes possibles d'impressionnabilité de nos centres nerveux optiques. On peut donc affirmer qu'aucune couleur ne pourra jamais être trouvée qui soit vraiment nouvelle, c'est-à-dire qui ne puisse être produite par un mélange de couleurs déjà connues.

Chacune des régions du spectre, soigneusement isolée de ses voisines, continue à nous donner la

même sensation. Mais cependant plusieurs des sensations colorées du spectre peuvent être produites en nous par la juxtaposition d'autres sensations groupées deux à deux pour le moins. Ainsi l'orangé peut être produit en réunissant le rouge et le jaune du spectre; le vert, en réunissant le jaune et le bleu; le violet, par le bleu et le rouge. Et, chose curieuse, chacune de ces couleurs, qui peuvent être composées de la sorte, se trouve dans le spectre placée entre ses deux composantes; le violet seul se trouve à l'extrémité, et pour le relier au rouge il faudrait arbitrairement disposer le spectre en cercle. On appelle *primitives* ces trois couleurs, qui ne peuvent être obtenues par composition.

La sensation du blanc est produite par la réunion, dans les proportions où elles se trouvent dans le spectre, des diverses couleurs. Mais on peut aussi la produire en unissant, suivant certaines proportions, une couleur primitive avec une couleur composée des deux autres couleurs primitives : ainsi rouge et vert, jaune et violet, bleu et orangé, donnent blanc. On appelle *complémentaires*, l'une par rapport à l'autre, ces couleurs dont la réunion peut donner la sensation du blanc : le rouge est le complétaire du vert, etc.

Daltonisme.

Tous les hommes n'ont pas l'ensemble complet de ces sensations. On en a signalé, fort rarement il est vrai, qui ne distinguent aucune couleur. Mais il en est, assez nombreux, qui ne distinguent pas l'une de l'autre les deux couleurs complémentaires, le vert et le rouge. On les nomme *daltoniens*, du nom du célèbre chimiste anglais Dalton, qui était atteint de cette singulière infirmité, et en donna une description

très complète. Il ne distinguait pas une fleur de géranium du feuillage qui l'entoure, une cerise sur l'arbre, une fraise dans l'herbe, et le vin lui semblait de la même couleur que la bouteille d'où il sortait. Arago, qui a connu toute une famille atteinte de cette infirmité, disait : « Pour eux, les cerises n'étaient jamais mûres. »

Il ne faudrait pas croire que cette affection soit chose très rare. Les auteurs qui se sont occupés de la question ont trouvé de 1 à 3 pour 100 d'hommes incapables de distinguer le rouge du vert, et ne voyant le rouge que comme une sorte de brun très peu coloré. Si bien qu'il a paru nécessaire de soumettre à un examen préalable les employés qui, dans la marine, dans les chemins de fer, etc., sont appelés à prendre une décision qui dépend de la couleur de certains signaux.

J'ajoute que tout récemment un physiologiste belge, M. Delbœuf, atteint de daltonisme, a trouvé le moyen de s'en guérir en se plaçant devant les yeux des lunettes légèrement colorées en rouge par la fuchsine. C'est un moyen à expérimenter.

Nuances. Mais revenons aux yeux sains. Ceux-là voient non seulement les couleurs dont je vous ai donné l'énumération, mais celles qui résultent de leurs mélanges dans des proportions extraordinairement variées. On donne le nom de *nuances* à ces mélanges de couleurs: vous comprenez qu'il en existe en nombre tout à fait indéfini. On dit que la collection des Gobelins en contient plus de 20000.

Tout le monde n'est pas apte à les saisir; encore ne le peut-on souvent que quand elles sont à côté l'une de l'autre.

En mélangeant une couleur avec du blanc ou avec du noir, on obtient le changement de *ton*, dont l'ensemble constitue une *gamme*, allant du noir presque pur au blanc à peine coloré.

On désigne sous le nom de *gris* les mélanges de blanc et de noir. Quand on ajoute du blanc à une couleur pure, elle pâlit et devient *blanchâtre* si la quantité de lumière est considérable, *grisâtre* dans le cas contraire. Si on lui ajoute du noir, elle s'assombrit et devient *brunâtre*. Vous voyez qu'il y a des gris colorés et que tous les bruns sont colorés.

Luminosité des couleurs.

Les couleurs se divisent pour tout le monde en deux groupes, les couleurs claires (rouge, jaune) et les couleurs sombres (bleu, violet); si bien que les premières peuvent jouer le rôle de lumière par rapport aux autres, qui deviennent des ombres. Un vieux dicton des teinturiers dit : « Le bleu est un noir clair, le noir est un bleu foncé; » on pourrait presque dire : « Le jaune est un blanc foncé, le blanc est un jaune clair. »

Quand les couleurs sont très vives, c'est-à-dire contiennent beaucoup de lumière, elles tournent vers le blanc ou le jaune. C'est comme si, dans le spectre, elles se rapprochaient toutes du jaune : ainsi le rouge passe à l'orangé, l'indigo au bleu de ciel.

Quand, au contraire, elles sont sombres, elles semblent s'écarter du jaune : le jaune devient orangé, l'orangé rouge, le bleu violet. Le fait est surtout remarquable pour le vert, qui passe au bleu. Vous pouvez observer aisément ce fait le soir, en regardant, surtout par un temps humide, les lanternes vertes de certains omnibus : de loin, elles vous paraîtront plus ou moins bleues, et la sensation du vert ne vous

viendra que lorsqu'elles seront assez près de vous.

Lorsqu'on diminue l'intensité de l'éclairage, la dernière couleur qu'on distingue est le bleu. Il n'est donc pas étonnant que les peintres, lorsqu'ils veulent représenter un effet de lune, emploient le bleu. Inversement, ils se servent du jaune pour les éclairages vifs; la lumière solaire, du reste, n'est pas tout à fait blanche, mais un peu rougeâtre.

Si l'on éloigne de l'œil deux petits carrés de papier, l'un bleu, l'autre jaune, le papier bleu paraîtra noir à 3 ou 4 mètres de distance; mais le jaune paraîtra blanc vers 4 mètres.

Si vous regardez, placés à côté l'un de l'autre et également éclairés, un carreau rouge et un carreau bleu, le premier vous paraîtra situé plus en avant que le second. Cela est très visible sur les vitraux d'église. et vous explique pourquoi, dans ce genre de décoration, à éclairage égal, les fonds doivent toujours être bleu violet et les sujets jaune rouge : une inversion, du moins, rendrait tout incompréhensible. Le vert est rentrant par rapport au rouge, et saillant par rapport au bleu. Du reste, une grande inégalité dans l'éclairage peut arriver à renverser ces sensations, et un rouge très sombre reculera par rapport à un bleu très clair.

Vous connaissez les usages qu'on fait dans les tentures, la tapisserie, les arts décoratifs en général, de ces propriétés des couleurs.

Fatigue, irradiation, durée de la persistance.

Il en est des sensations colorées comme de la sensation lumineuse blanche; elles fatiguent rapidement l'œil, d'autant plus qu'elles sont plus claires. Placez sur un papier rouge un écran noir, regardez à une vive lumière, enlevez l'écran, et vous verrez combien

le rouge qui était caché vous paraîtra plus beau que celui du reste du papier.

Elles sont également sujettes à l'irradiation. A dimensions semblables, une tache jaune sur fond bleu paraît plus grande qu'une tache bleue sur fond jaune. De là encore des applications auxquelles vous ne pouvez rester indifférentes.

La durée de l'impression lumineuse sur la rétine est plus grande pour les couleurs éclatantes que pour les couleurs sombres. Si on peint en jaune les rais d'une paire de roues d'une voiture à quatre roues, et ceux de l'autre paire en bleu, la fusion aura lieu plus tôt pour les rais jaunes que pour les bleus.

La durée de la persistance des diverses impressions lumineuses peut être mesurée très aisément au moyen de la toupie d'Allemagne et de disques partiellement colorés. Mais ces expériences donnent un autre résultat non moins curieux. Si le disque est peint d'une certaine couleur, et que la figure qui y est tracée soit d'une autre couleur (fig. 385), on verra, pendant la rotation suffisamment rapide, un champ d'une seule couleur, laquelle sera un mélange des deux couleurs composantes : violet, si elles sont rouge et bleu vert, si elles sont bleu et jaune, etc...

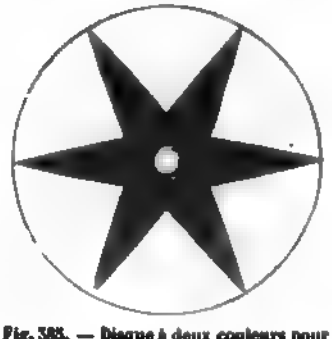


Fig. 385. — Disque à deux couleurs pour la toupie d'Allemagne.

Contrastes des couleurs

J'arrive maintenant à la partie la plus curieuse peut-être de l'histoire des sensations colorées, je veux parler des *contrastes* des couleurs.

Mettez sur une feuille de papier blanc un morceau

de papier rouge, éclairez vivement et regardez fixement. Au bout de quelques secondes, le papier rouge vous paraîtra s'entourer d'une auréole verte : c'est ce qu'on appelle le *contraste simultané*.

Retirez maintenant brusquement le papier rouge, sans cesser de fixer attentivement : la place qu'il occupait va vous paraître verte. C'est le *contraste successif*.

Ces couleurs contrastantes sont toujours les complémentaires des couleurs réelles mises en observation. Ainsi, un papier jaune donnera simultanément ou successivement la sensation du violet ; un papier bleu celle de l'orangé, et réciproquement.

Le contraste simultané a de quoi vous intéresser très fort. Il présente la plus grande importance dans les arts décoratifs et entre autres dans l'art de la toilette. Vous placez un ruban grisâtre sur une étoffe violette, jaune ou verte ; ne croyez pas qu'il va rester gris ; non, par un effet de contraste, il paraîtra teinté dans le premier cas de jaune, dans le second de violet, dans le troisième de rouge, à ce point que vous ne pourrez plus le reconnaître. Si, au lieu d'être gris, il avait une couleur propre, cette couleur réelle, ou comme on dit, *objective*, se mêlant à la couleur complémentaire qui en réalité n'existe pas, sinon dans notre sensation, et qu'on appelle pour cette raison *subjective*, lui donnerait une couleur nouvelle, ce qui peut changer singulièrement l'effet qu'on voudrait produire.

D'une manière générale, les deux couleurs, celle du fond et celle de l'objet superposé, s'écartent alors le plus possible l'une de l'autre, et comme nuance et comme ton. Car elles sont toutes deux modifiées,

puisque chacune agit sur l'autre, sur une certaine largeur; mais celle qui tient le moins de place, un ruban, une fleur par exemple, paraît évidemment la plus modifiée.

Supposons une fleur violette sur un fond bleu; l'écart des couleurs n'est pas grand lorsque les deux objets sont séparés. Mais il va augmenter : le bleu, au voisinage de la fleur, se teintant de jaune, complémentaire du violet, et passant par conséquent au vert, tandis que la fleur, où l'orangé complémen-

Fig. 386. — Ombres colorées projetées : A, par la lune; B, par le bec de gaz.

taire du bleu se mêlera au violet, sera modifiée dans le sens du rouge.

Quand le fond et l'objet superposé sont de couleurs complémentaires, par exemple l'un violet l'autre jaune, celles-ci atteignent une vivacité d'éclat incomparable, et dont les artistes apprennent, suivant

l'effet à produire, soit à se servir, soit à se défier.

C'est au contraste simultané que se rapporte le phénomène des *ombres colorées*. Sans doute beaucoup d'entre vous l'ont observé déjà. La nuit, par un beau clair de lune, si vous passez près d'un bec de gaz, deux ombres s'allongent devant vous (fig. 386). L'une, A, est d'un brun jaunâtre, l'autre, B, d'un bleu violacé; et la différence sera d'autant plus saisissante que les deux ombres seront plus voisines l'une de l'autre. La première est celle qu'éclaire le bec de gaz, mais qu'a projetée la lumière de la lune; la seconde, inversement, provient du bec, mais est éclairée par la lune. Voici l'explication du fait. La lumière de la lune est blanche, celle du gaz jaune orangé. Ces deux lumières se mêlent et éclairent le sol d'une teinte résultante faiblement jaunâtre, que, en l'absence de termes de comparaison, nous considérons comme blanche. Mais l'ombre qui provient de la lune ne recevant pas la lumière blanche, paraît avec sa couleur véritable, celle du gaz, qui seul l'éclaire, c'est-à-dire brun jaunâtre. L'autre, au contraire, ne reçoit pas la lumière du gaz, et est éclairée exclusivement par la lune; elle devrait donc être simplement grise, non colorée; mais comme elle se détache sur un fond jaunâtre, le contraste la teint de la complémentaire violacée.

Le contraste successif présente surtout de l'intérêt lorsqu'il a comme conséquence ce que M. Chevreul, à qui l'on doit la plupart des faits dont je viens de vous entretenir, a appelé *contraste mixte*.

Vous venez de regarder un objet rouge bien éclairé; vous portez immédiatement l'œil sur un autre objet coloré; le vert, que le contraste successif a fait nai-

tre dans votreœil, vient se mêler à la couleur réelle de cet objet, qui se trouve ainsi modifiée. La résultante perçue est donc le mélange de la seconde couleur avec la complémentaire de la première. Exemples :

Prenez un petit carré de papier rouge ; regardez-le bien pendant un quart de minute ; puis portez la vue sur un papier vert. Vous voyez au milieu de celui-ci un petit carré d'un vert eaucoup plus beau que le reste du papier. C'est qüe là vous avez au vert *objectif* ajouté le vert *subjectif*.

Au contraire, après avoir regardé le carré rouge, vous jetez les yeux sur un papier de même couleur ; alors l'image du carré vous apparaîtra tendant vers le blanc, par mélange du rouge objectif et du vert subjectif.

Un fait curieux, c'est que les couleurs subjectives du contraste simultané sont sujettes aussi au contraste successif.

Placez un petit morceau de papier gris sur un fond rouge. Regardez-le fixement, avec un bon éclairage. Lorsqu'il vous paraîtra, par contraste simultané, teinté de vert, jetez les yeux sur une feuille de papier blanc. La partie occupée par le rouge vous semblera verte, par contraste successif, et l'image du papier gris, devenue verte, sera rouge à son tour.

Lorsque deux couleurs sont capables de donner du blanc par leur réunion, c'est-à-dire lorsquelles sont complémentaires, la réunion de leurs images subjectives obtenues par contraste successif, donne du noir. Regardez alternativement deux carrés juxtaposés l'un rouge et l'autre vert, et cela à un assez grand nombre de reprises. Lorsque votre œil sera fatigué, si

vous le fermez ou si vous regardez une feuille de papier blanc, vous verrez trois carrés, un vert et un rouge, en situation renversée, et entre deux un semblable carré noir.

On explique généralement les effets du contraste successif par l'hypothèse suivante. Quand vous regardez du rouge, votre rétine se fatigue pour l'impression rouge, et par conséquent sent peu ou point le rouge dans les couleurs par lesquelles elle est ensuite impressionnée. Est-ce du blanc? elle accordera la prééminence au vert, complémentaire du rouge qui aura disparu. Pour les couleurs, comme elles sont toujours mêlées de blanc, ce qui équivaudra dans la circonstance à du vert, elles paraîtront toutes mélangées de vert, d'où les effets du contraste mixte.

Mais il faut dire que cette explication rencontre de sérieuses objections. Quant au contraste simultané, il est encore plus difficile à comprendre, et les physiologistes ne sont même pas encore fixés sur la question de savoir s'il dépend d'une modification de la rétine ou d'une erreur de jugement.

QUATORZIÈME LEÇON

Les Sensations visuelles : Vision binoculaire. — Les Sensations auditives, olfactives, gustatives, tactiles.

Vision binoculaire simple et double.

Nous n'avons étudié jusqu'ici que la vision avec un seul œil. C'est, je vous l'ai dit, la condition régulière de la vision chez la grande majorité des mammifères. Mais, chez nous, les deux yeux fonctionnent toujours ensemble; ils se dirigent tous deux vers l'objet que nous voulons examiner, de manière à recevoir son image chacun sur ce *point visuel* qui possède le maximum de sensibilité. C'est là la *vision binoculaire*, dans laquelle, comme vous voyez, il y a deux sensations, l'une venant de droite, l'autre venant de gauche, mais qui n'ont comme conséquence qu'une seule perception.

Mais cette unité n'a lieu que pour le point que nous regardons et pour tous ceux qui sont situés à peu près à la même distance de nous. Plus près et plus loin, chaque objet nous donne deux images, qui correspondent chacune à un œil. Rien de plus simple à constater, en regardant au dehors un objet à travers une fenêtre; un peu d'attention nous fait voir que le montant de la fenêtre nous apparaît double, l'image de gauche appartenant à l'œil de droite, l'image de droite à celui de gauche. Inversement,

si nous regardons fixement le montant de la fenêtre, ce sont les objets extérieurs qui paraissent doubles, et cette fois leurs images de gauche appartiennent à l'œil gauche, leurs images de droite à l'œil droit.

Enfin, cette vision double peut être obtenue artificiellement pour tous les points de l'espace. Il suffit, pour cela, de déplacer légèrement avec le doigt un des yeux. Avec un peu d'habitude on arrive au même résultat, en faisant contracter à la fois les deux muscles droits internes, en louchant en dedans, ou, plus difficilement, en louchant en dehors, par la contraction des deux muscles droits externes.

Points conjugués et axes optiques.

Donc, pour que les deux impressions produites sur nos yeux se confondent en une sensation unique, il faut qu'elles intéressent simultanément soit le point visuel, soit certains points de l'une et l'autre rétine. On appelle ces points *points conjugués*.

Ces points sont déterminés par la condition suivante : c'est que pour qu'il y ait vue simple d'un objet avec les deux yeux, il faut que les deux axes optiques convergent et se réunissent sur cet objet. On appelle *axe optique principal* la ligne qui unit le centre de figure du cristallin (fig. 387, *o*, *o'*) avec le *point visuel*. Quand les yeux sont ainsi disposés, le point visé A se peint sur les deux points visuels *a* et *a'*; les points à distance à peu près égale de l'œil B et C' arrivent aux points, *b* et *b'*, *c* et *c'*; ceux-ci sont les points conjugués, et il y en a, comme bien vous pensez, une infinité de couples. On appelle *axes optiques secondaires* les lignes *b*B, *c*C, *b'*B, *c'*C, qui unissent chaque point de l'image au centre du cristallin.

Lorsque le point visuel d'une rétine est impres-

sionné, nous rapportons l'objet à l'extrémité de l'axe optique principal. C'est là le résultat d'un jugement fondé sur une expérience répétée un nombre infini

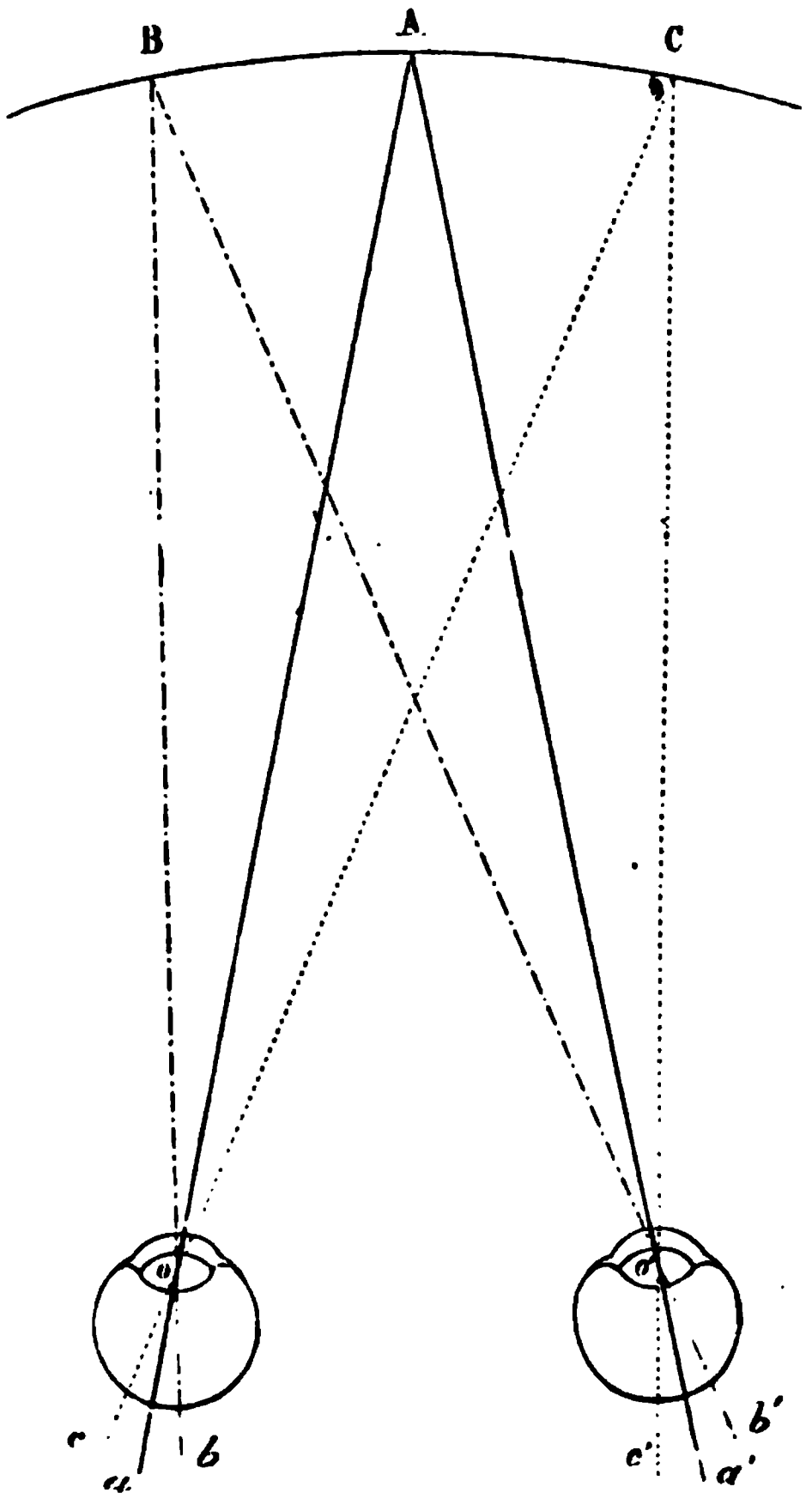


Fig. 387. — Vision binoculaire simple du point A sur les *points visuels aa'*, et des points B et C sur les *points conjugués bb'*, *cc'*.

de fois depuis la plus tendre enfance. Nous savons très bien que l'objet A qui nous impressionne en *a*, sur le point visuel, n'est pas en *a*, mais bien sur le prolongement de l'axe optique principal *a*A. Il en est de même pour un autre point que le point visuel,

pour le point *b* par exemple; l'objet est rapporté comme direction sur l'*axe optique secondaire b*B.

Il n'est donc pas étonnant que si, après avoir vu simple avec les deux yeux O et O′ (fig. 388) le point A, alors que son image se formait dans chaque œil sur les points conjugués, nous venons à dévier avec le doigt l'œil O′, de manière à ce que le rayon lumineux venant de A, tombe sur un point *m* non conjugué avec

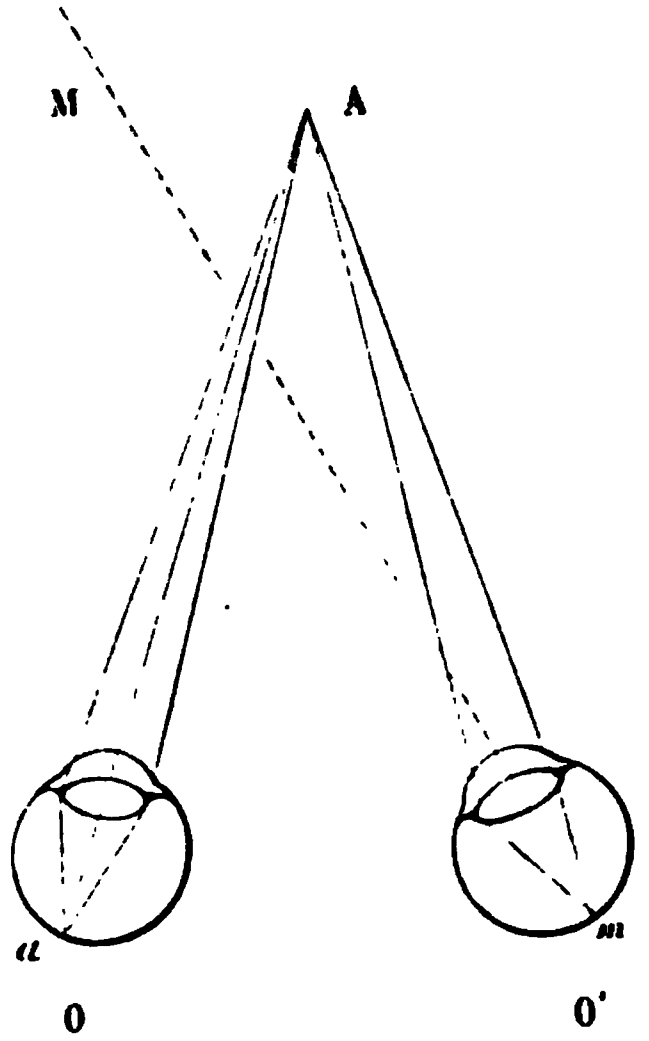


Fig. 388. — Image double du point A par déviation de l'œil O′.

a, il n'est donc pas étonnant, dis-je, que nous ayons deux images, que nous voyons double. La seconde image, l'image de l'œil dévié, semblera se rapporter à un objet situé sur le prolongement de l'axe optique secondaire qui passe par *m*, c'est-à-dire sur la ligne *m*M.

De même, étant fixé le point A, dont les images tombent sur les points visuels *a a′* et qui paraît simple, le point B, situé plus près, donnera des images

b et *b'* sur des points non conjugués, d'où résultera une double impression suivant *b*β et *b'*β'; elle sera croisée, celle de gauche (fig. 389) appartenant à l'œil droit, et réciproquement. Un point C, situé au delà

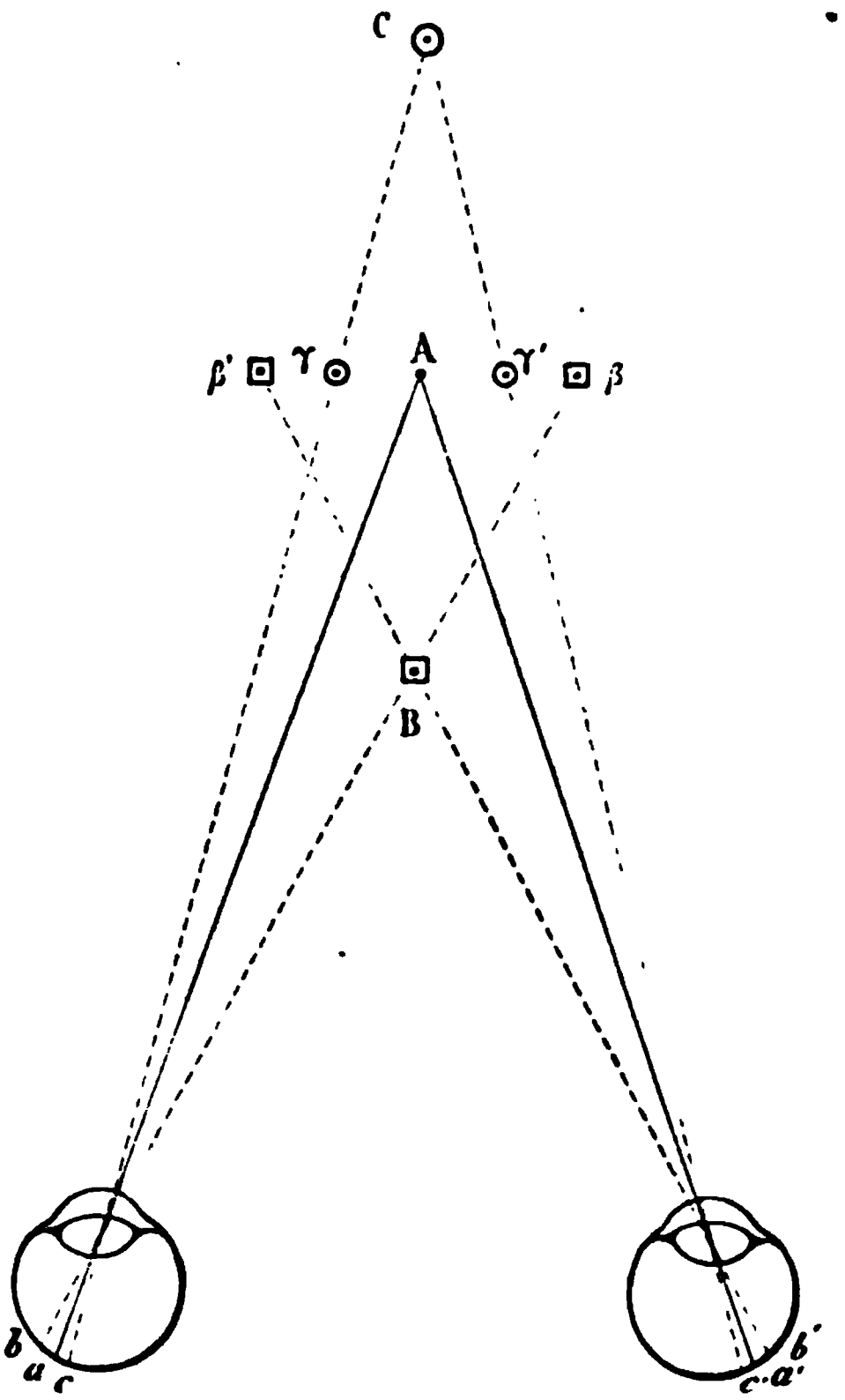


Fig. 389. — Vision simple du point A, double des points B et C.

de A, donnera aussi deux images en *c* et *c'* et deux impressions, directes cette fois, en γ et γ'.

Ainsi nous voyons doubles tous les objets situés plus près ou plus loin que celui que nous regardons fixement.

Raison de la vision binoculaire simple.

On a essayé d'expliquer cette division de chaque œil en deux moitiés, dont chacune est conjuguée

avec la moitié opposée de l'autre œil, par la disposition des nerfs optiques qui, ainsi que nous l'avons vu plus haut (V. p. 415, fig. 360), s'entrecroisent pour aller concourir chacun à la constitution des deux rétines. Mais cette explication tombe devant ce fait que les personnes qui louchent voient souvent avec leurs deux yeux; que, puisque l'un des yeux est dévié, les points impressionnés simultanément ne sont pas les points conjugués, et que cependant elles voient simple et non double. Bien plus, quand on leur redresse l'œil, en coupant le muscle contracturé qui l'a dévié, elles voient aussitôt double, bien que cette fois les points conjugués soient impressionnés simultanément; enfin elles se corrigent toutes seules ensuite.

Il y a donc là encore une question d'accoutumance, c'est-à-dire un rapport constamment établi par notre intelligence entre certaines impressions et les réalités qui leur correspondent. Avec des yeux sains, lorsque nous regardons le milieu d'une figure, ce point se peint sur nos deux points visuels. Nous savons, par une longue expérience, que lorsque ces deux points reçoivent la même impression, il faut la rapporter à un seul corps; les impressions reçues aux alentours obéissent à la même règle, et il s'établit entre les points de la rétine qui agissent toujours ensemble quand il y a impression d'un corps unique, une corrélation qui fait que, réciproquement, lorsqu'ils reçoivent la même impression, nous déclarons que le corps est unique.

Les images doubles que nous amènent les objets situés en deçà et au delà des points de visée, ne sont ordinairement pas perçus par nous; c'est-à-dire que nous ne prêtons aucune attention à leur exis-

tence qui ne pourrait que nous gêner, et il faut même que nous fassions un certain effort sur nous-mêmes pour nous en apercevoir. C'est là un exemple fort curieux d'une vérité physiologique très intéressante et dont je vous ai déjà parlé, c'est à savoir que, autant nous apportons, sans nous en douter, de soin à percevoir nettement les sensations qui nous sont utiles, autant nous négligeons quasi-systématiquement, mais toujours sans nous en douter, celles qui ne nous servent à rien et surtout celles qui nuisent aux autres.

Les images doubles sont non seulement un exemple curieux, mais un exemple complexe de l'estime ou du dédain dans lequel nous tenons nos sensations, suivant qu'elles nous servent ou non. Je m'explique.

Notion du relief.

Il est bien vrai que nous négligeons les images doubles qui se trouvent en avant et en arrière de l'objet que nous regardons, en ce sens que nous ne faisons nulle attention à leur duplicité. Mais cependant, nous en tirons un grand parti ; ce sont elles qui, pour la plus grande part, nous donnent la notion du *relief*, de la profondeur.

Certes, nous pouvons avoir cette notion dans la vision avec un seul œil, et j'essayerai de vous dire tout à l'heure comment nous l'acquérons. Mais, si vous mettez la main devant un de vos yeux, vous vous apercevrez aussitôt que les objets placés devant vous à diverses distances ne sont plus espacés avec autant de netteté ; les plans, comme disent les peintres, se confondent. Et si vous regardez de la sorte un paysage qui vous soit absolument inconnu, vous aurez quelque peine à vous y reconnaître : c'est une observation facile à faire en promenade. Une expérience non moins sim-

ple est peut-être encore plus concluante. Suspendez un anneau à un fil; puis essayez, un œil fermé, de l'enfiler avec un bâton transversalement dirigé : vous aurez la plus grande peine à y parvenir, tandis que rien ne vous sera plus aisé les deux yeux ouverts. La raison principale de cet embarras tient à ce que vous n'avez plus qu'une image simple de tous les objets situés dans le champ visuel. Auparavant, quand vous en fixiez un, tous ceux qui étaient en avant ou en arrière vous apparaissaient doubles, et vous saviez, grâce à une longue habitude, que cela voulait dire qu'ils étaient soit en avant, soit en arrière; et vous le saviez, parce que, pour les faire paraître simples, il fallait les fixer à leur tour, et pour cela rapprocher ou écarter vos yeux par la contraction des muscles droits. Il y a plus; comme alors l'écartement des images doubles est d'autant plus grand que l'objet qui les fournit est plus éloigné de celui que vous fixez, vous placiez les différents objets à leur place réelle, sans vous en rendre compte, en raison de la sensation quasi-inconsciente que vous aviez de l'écart de leurs doubles images.

Voici un livre, à demi ouvert, placé juste devant moi verticalement. Si je regarde le dos avec les deux yeux, je vois doubles les lignes qui terminent les faces du livre à droite et à gauche (fig. 590, A). Si je regarde une de ces lignes, celle de droite par exemple (B, *ab*), je vois double le dos et double la face de gauche; et réciproquement si j'avais regardé la ligne de gauche. Si c'était un dessin ou un plan, j'en verrais toutes les parties simples à la fois: ici au contraire, je ne puis en voir une partie simple qu'à la condition que les autres soient doubles;

donc il y a distance différente entre mon œil et les divers points du livre : de là, *notion du relief*.

Mais voici autre chose. Je ferme complètement le

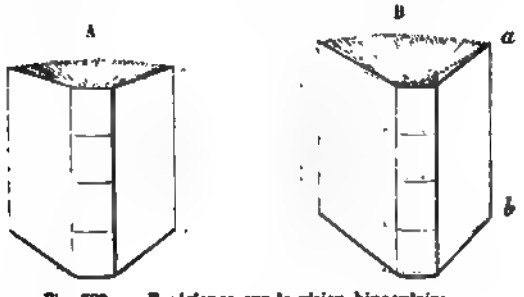


Fig. 390. — Expérience sur la vision binoculaire.

livre et le place à 30 ou 40 centimètres bien exactement devant moi (fig. 391). Je regarde le dos avec les deux yeux; je vois les deux faces du livre, et il semble que je suis dans le même cas que dans l'expérience précédente : aussi ai-je parfaitement la notion du relief. Mais, si je ferme l'œil gauche, je n'aperçois plus que la face droite, et réciproquement. Les deux yeux ouverts, je vois avec l'œil gauche la face gauche, avec l'œil droit la face droite, avec les deux yeux le dos. Mais il se fait dans mon esprit une telle fusion de ces deux images différentes, qu'il me faut de l'attention pour voir qu'elles n'appartiennent pas aux deux yeux.

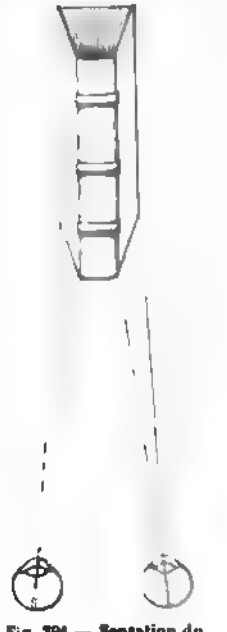


Fig. 391.— Sensation du relief par vision binoculaire simultanée.

Cette fusion involontaire est une des conditions habituelles de la notion du relief. Un corps en relief nous donne tou-

jours ces deux impressions différentes sur chaque œil : il est vrai que la différence va en diminuant au fur et à mesure que le corps s'éloigne. Déjà, à une vingtaine de mètres, elle est à peu près nulle : interviennent alors les images doubles dans le sens de l'expérience de l'anneau suspendu au fil.

Fusion des images.

Le *stéréoscope* (στερεος, *stéréos*, corps solide), que vous connaissez toutes, est basé sur ces faits (fig. 392). On prend avec deux appareils photographiques, espacés l'un de l'autre comme le sont les deux yeux, les deux images a, a' d'un même objet. On les place alors dans le fond d'une boîte, séparées l'une de l'autre par une planchette verticale. Si alors on les regarde avec les axes optiques bien parallèles, comme si on regardait très au loin, chacune de ces images impressionnant des points conjugués des deux rétines, on a la sensation du relief absolument comme quand si l'on regardait l'objet lui-même.

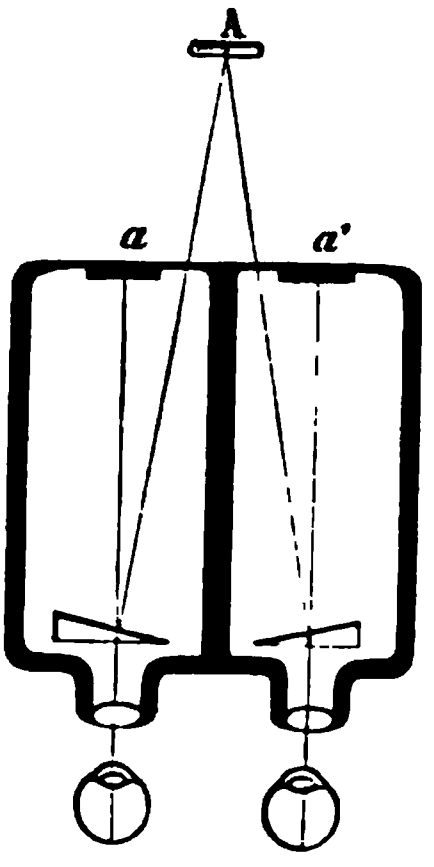


Fig. 392. — Stéréoscope : figure schématique.

Mais comme ceci demande une assez grande habitude, et que malgré soi on fait converger les yeux en dedans, de telle sorte que les images n'impressionnant pas les points conjugués restent séparées, on interpose deux prismes qui compensent cet effet et ramènent les images sur les points conjugués. Il semble alors que les impressions des deux yeux proviennent d'un objet unique A.

Mais la fusion que nous obtenons entre les images doubles est purement intellectuelle. En réalité, il y

a deux sensations, que nous confondons par un effort de jugement qui a fini par devenir involontaire. Aussi lorsque les deux images stéréoscopiques ne sont pas bien semblables de ton, on n'obtient pas l'illusion d'une manière parfaite ; il se fait un chatoiement, ce qu'on appelle le *lustre* stéréoscopique.

On obtient le maximum de ce lustre en regardant au stéréoscope deux cercles égaux, l'un noir, l'autre blanc. Il est alors facile de s'apercevoir que les deux sensations ne se confondent pas ; on ne voit pas un champ uniformément gris, mais bien une marbrure, un moiré alternativement noir et blanc.

C'est ce qui explique comment, si l'un des ronds est jaune et l'autre bleu, on n'a pas la résultante vert, mais le moiré jaune et bleu, très miroitant, suivant que la sensation apportée par l'un ou l'autre œil prédomine. Nous ne pouvons donc pas, vous le voyez, par l'imagination, créer une sensation complexe, comme celle du vert, alors même que les sensations composantes sont apportées simultanément à notre cerveau par des organes différents. Il faut que le même organe soit impressionné à la fois dans le même lieu par les deux composantes, comme il advient lorsqu'on fait converger sur un seul œil à l'aide de miroirs une lumière jaune et une lumière bleue : on a alors la sensation du vert.

L'œil est peut-être de tous nos sens celui qui nous sert le plus à nous renseigner sur le monde extérieur. Grâce à lui, nous pouvons connaître non seulement la lumière et ses degrés, non seulement les couleurs, mais encore la forme, les dimensions, la distance, le relief, le repos ou le mouvement des objets.

Notion de la forme.

La *forme* d'abord; cela vous semble bien simple, n'est-ce pas? Il suffit d'un coup d'œil sur un vase, par exemple, pour en connaître la forme. Cela est vrai, mais à une condition, c'est que le vase soit assez petit pour que son image déborde peu l'étendue du point visuel. Nous avons alors le sentiment de plusieurs impressions simultanées, d'où vient la notion de figure; ainsi, quand nous voyons un triangle, il s'imprime en quelque sorte un triangle dans notre œil, et c'est comme si un triangle nous était appliqué sur la peau. La notion de la forme nous est ainsi donnée par une sorte de *toucher visuel*.

Mais s'il s'agit d'un objet de grandes dimensions, il nous devient nécessaire de promener l'œil sur son contour pour avoir une idée de sa forme. Ici, c'est le sentiment du mouvement accompli et son souvenir qui entraînent l'idée de la forme. Je vous dirai plus tard comment cela se fait.

Laissant ce dernier point pour le moment de côté, voyons si l'œil nous donne des renseignements bien exacts sur la forme des objets. D'abord, il est facile de s'assurer que nous apprécions les lignes verticales comme plus longues que les horizontales. Aussi tous les dessins qu'ont fait les navigateurs pour représenter les côtes qu'ils avaient en vue, pèchent par une exagération des hauteurs que font ressortir singulièrement les images photographiques.

Lorsqu'une dimension est divisée, elle paraît plus grande. Voici deux carrés égaux (fig. 393) ; vous avez peine à croire à cette égalité, et le carré A vous paraît plus haut, le carré B plus large. Si vous tapissez une chambre avec un papier portant des rayures transversales, elle paraîtra plus large, et plus haute

si les rayures sont verticales. C'est qu'ici on n'embrasse pas toute la figure d'un coup d'œil, et que

Fig. 383. — Influence des divisions sur l'appréciation des dimensions.

l'esprit suit, pour ainsi dire, et continue dans son appréciation le mouvement de la tête. Voilà deux erreurs intellectuelles opposées. C'est ainsi qu'une petite poupée paraîtra plus grande, habillée d'une étoffe rayée en travers, et une femme d'une étoffe rayée en long.

On a signalé bien d'autres erreurs sur les renseignements fournis par l'œil, ou sur les jugements que nous en tirons.

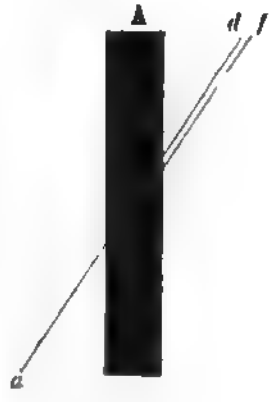


Fig. 384. — La ligne *f* paraît à tort la continuation de la ligne *a*.

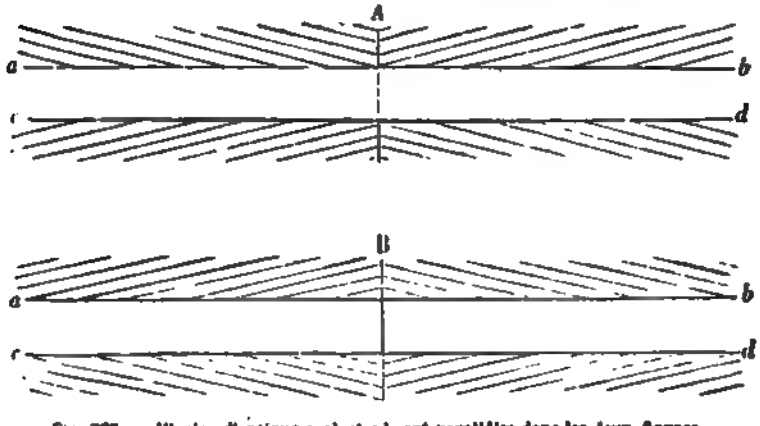


Fig. 385. — Illusion d'optique : *ab* et *cd* sont parallèles dans les deux figures.

Je me borne à vous présenter trois figures qui vous en montreront des exemples (fig. 394, 395 et 396).

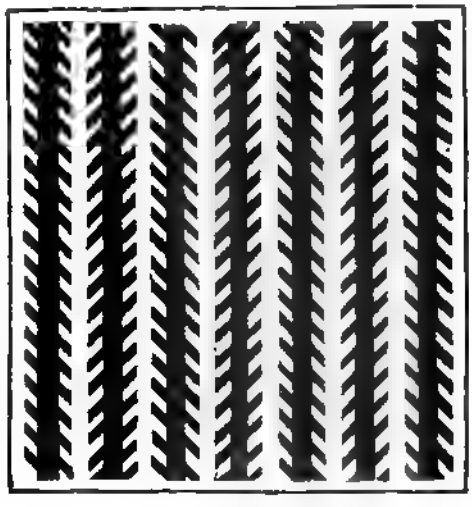


Fig. 396. — Illusion d'optique : les lignes noires sont en réalité parallèles.

Notion de la distance.

De la *forme* passons à la *distance*.

Nous apprécions celle-ci d'abord par la dimension apparente de l'objet considéré. Plus un objet est loin, plus petite est l'image qu'il peint sur notre rétine. Une figure très simple (fig. 397) vous le démontre aisément.

A distance double, un objet donnera une image deux fois plus petite, et ainsi de suite. D'où il résulte que nous établissons, pour les objets connus, un certain rapport entre la distance et la grandeur de l'image, et que celle-ci nous sert à apprécier celle-là. Les personnes qui vivent à la campagne arrivent à une précision surprenante dans ce genre d'appréciation.

En même temps que la dimension apparente, l'é-

clairage d'un objet qui s'éloigne diminue. C'est encore là un élément que nous prenons l'habitude d'apprécier; aussi lorsqu'il change soudain, sommes-nous tout déroutés. Un habitant du nord de la France, transporté en quelques jours sur le sol algérien,

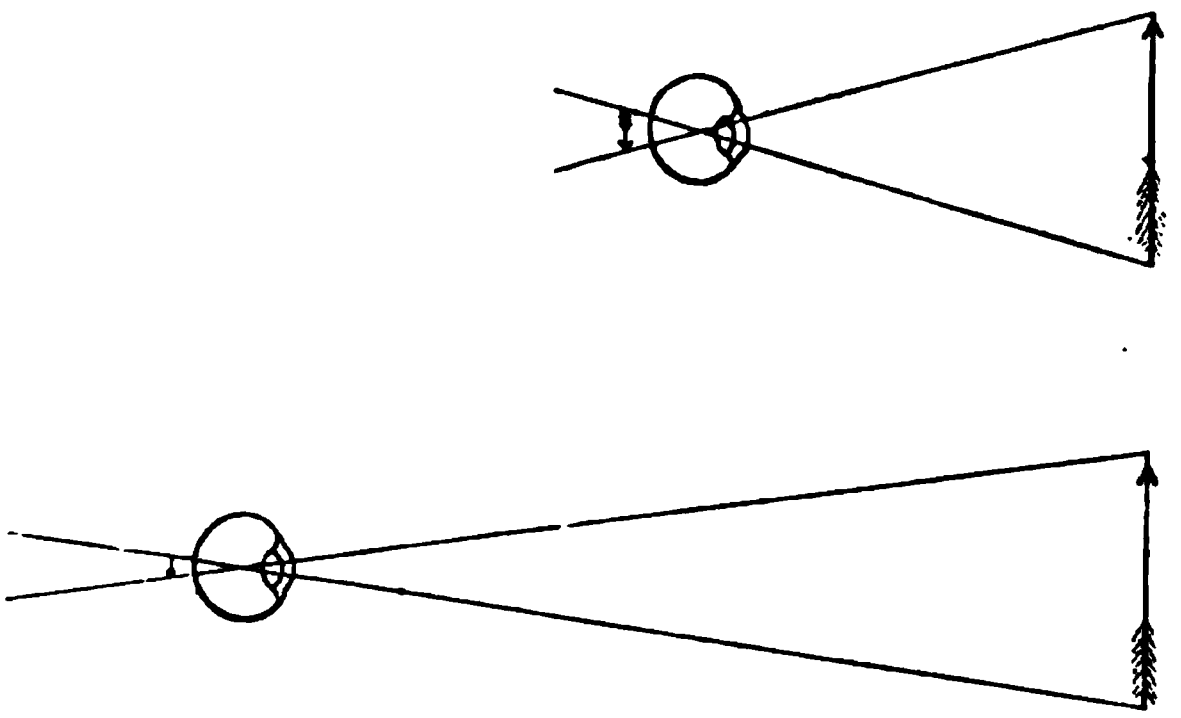


Fig. 397. — Figure montrant que l'image rétineuse est d'autant plus grande que l'objet est plus près de l'œil.

commet, quant à l'appréciation des distances, des erreurs prodigieuses : il croit quelquefois voir les objets deux fois plus rapprochés qu'ils ne le sont, à cause de leur vif éclairage.

Nous n'apprécions les distances de cette manière que lorsque la lumière est dans des conditions moyennes habituelles, sans quoi l'échelle nous manque. C'est ce qui arrive la nuit, sur une route obscure, pour la lanterne d'une voiture; on ne peut dire si elle s'approche, ni apprécier sa distance. C'est encore ce qui arrive dans des circonstances inverses par des temps de brouillard ou des crépuscules; et il se produit alors un effet de jugement très curieux. Comme la dimension de l'image est ce qu'elle doit être, et que son éclairage est faible, nous jugeons que

l'objet est loin, et par suite que sa dimension est beaucoup plus grande qu'elle n'est en réalité. De là viennent, pour partie, les illusions terrifiantes de la nuit. On s'est beaucoup servi de ce genre d'illusion dans les *fantasmagories*. Ce sont ces valeurs d'éclairage que les peintres désignent sous le nom de *perspective aérienne*.

Une distance paraît plus grande quand elle est jalonnée de divers objets qui servent, en quelque sorte, de points de repère. C'est pour cette raison que nous apprécions toujours en dessous de la réalité la dimension d'un étang ou une distance sur la mer. Les marins, qui ont pris l'habitude inverse, mesurent juste sur l'eau et exagèrent sur la terre.

Notion du mouvement.

Arrivons enfin au *mouvement*. Lorsque, ayant conscience que notre œil ne bouge pas, nous sentons l'image d'un corps se déplacer sur notre rétine, nous en concluons que le corps est en mouvement.

Dans l'immense majorité des cas, cela est vrai; mais il peut arriver que notre œil soit promené dans l'espace, sans que nous en ayions conscience, parce qu'il ne se remue pas dans son orbite; c'est le cas où le corps tout entier est emporté, comme en chemin de fer, en bateau à vapeur, etc. Aucune secousse ne nous avertissant du mouvement de notre corps, nous croyons à un déplacement réel des corps extérieurs, qui paraissent fuir en sens inverse de la direction où nous sommes emportés. Nous finissons même par établir une telle confusion entre l'illusion et la réalité, qu'étant en wagon, dans une gare, si un train qui stationnait à côté de nous se déplace lentement, nous croyons à notre propre mouvement, alors que nous sommes immobiles.

Lorsque, en chemin de fer, entraînés dans le sens de la flèche A (fig. 398), nous fixons l'œil sur un arbre isolé B placé à une certaine distance, il semble fixe; les objets situés entre lui et nous semblent se mouvoir en sens inverse du train; ceux qui sont au delà se déplacent dans le même sens. Que

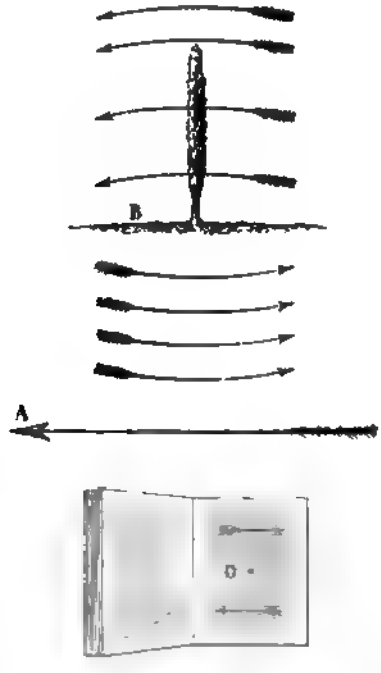


Fig. 398. — Illusion de déplacement en chemin de fer.

si, après avoir considéré ces effets un certain temps, nous jetons les yeux sur un livre que nous tenons immobile sur les genoux, il s'opère dans le livre au-dessus et au-dessous du point de fixation O, un apparent mouvement de déplacement, inverse de celui que nous croyions observer dans la plaine.

J'en aurais encore bien à vous dire sur ces sensations visuelles, si intéressantes, et sur les connaissances qu'elles nous donnent du monde extérieur. Si précieuses et si riches qu'elles soient, rappelez-vous, par les exemples que je vous ai cités, qu'elles peuvent nous induire en erreur dans bien des circonstances. Cela tient aux imperfections de l'appareil optique lui-même, qui ne réalise pas, tant s'en faut, les conditions de perfection qu'on peut réclamer d'un appareil semblable, c'est-à-dire, en somme, d'une chambre noire avec écran sensible. Notre intelligence, cependant, avec toutes ces données fautives, fait des expériences multiples, contrôle ses sensations visuelles par les sensations auditives et surtout tactiles, et finit par faire d'un appareil défectueux un usage véritablement merveilleux.

Mais vous voyez qu'on a bien tort de répéter en tous lieux des banalités enthousiastes sur la perfection de notre appareil visuel ; il mérite au contraire de nombreux et vifs reproches. Ce n'est pas lui, c'est le parti que nous en tirons qu'on ne saurait jamais trop admirer, malgré les erreurs fatales de jugement que nous commettons, et dont je vous ai signalé de nombreux exemples dans l'appréciation des formes et des couleurs.

LES SENSATIONS AUDITIVES.

Nous connaissons la manière dont sont reçues les vibrations sonores, dont elles sont recueillies et transmises par des canaux pleins d'air ou de liquides, des membranes vibrantes, des chaînes osseuses élastiques, depuis la conque auditive jusqu'aux terminaisons nerveuses des canaux demi-circulaires et du limaçon. Voyons maintenant la nature des impressions qui nous viennent par cette voie.

Qualités des sons.

Les sons, vous l'avez appris dans le cours de physique, se distinguent les uns des autres par trois qualités : l'intensité, la hauteur, le timbre.

L'*intensité* dépend de l'amplitude des vibrations; nous ne la mesurons que d'une manière relative. Un son transmis simultanément à nos deux oreilles, mais avec une intensité différente pour chacune d'elles, n'est perçu que par celle à laquelle il arrive le plus fortement.

La *hauteur* dépend du nombre des vibrations. La limite inférieure du nombre de vibrations des sons nettement perceptibles est de 33 vibrations par seconde ; c'est le son qu'on appelle ut_{-1}. La limite supérieure est vers $ré_{9}$, c'est-à-dire 76032 vibrations. L'intervalle perceptible mesure donc plus de 11 octaves.

Mais les notes usitées en musique n'embrassent guère que 7 octaves. Les pianos à queue vont du la_{-1} (55 vibrations) à ut_{6} (8448 vibrations).

Une oreille ordinaire distingue assez bien deux sons émis successivement, dont le nombre des vibra-

tions est comme 200 est à 201; mais des musiciens à oreille très expérimentée et opérant dans des conditions particulières, sont arrivés à distinguer des sons qui différaient l'un de l'autre comme 1200 diffère de 1201.

Du reste, deux sons émis simultanément, qui diffèrent assez peu pour n'être pas distingués l'un de l'autre quand on les entend séparément par une seule oreille, se séparent aussitôt qu'on les entend isolément avec chacune des deux oreilles.

Pour les sons émis simultanément, la limite de confusion est beaucoup plus basse que pour les sons successifs, et l'oreille a même une tendance à confondre systématiquement deux sons qui diffèrent peu l'un de l'autre. Les musiciens ont utilisé cette propriété sensorielle pour simplifier la notation musicale, et créer la gamme *tempérée*, qui a son expression dans les instruments à sons fixes, comme le piano, l'harmonium, la guitare, etc. Dans la gamme naturelle, le ton majeur (*ut ré*, *fa-sol*, *la-si*) mesure l'intervalle $\frac{9}{8}$, c'est-à-dire que *ré*, *sol*, *si*, ont dans le même temps un huitième de vibration en plus de *ut*, *fa*, *la;* le ton mineur (*ré-mi*, *sol-la*) a l'intervalle $\frac{10}{9}$: la différence entre ces deux tons, appelée *comma*, est de $\frac{80}{81}$. Or, dans la gamme à tempérament, on ne fait pas cette distinction, et l'octave est divisée en douze demi-tons parfaitement égaux.

Le *timbre* dépend des sons accessoires ou *harmoniques* qui accompagnent tout son fondamental. Il n'y a guère que les diapasons qui donnent des sons simples; tous les autres sont accompagnés d'harmoniques, qui parfois, ainsi que nous allons le voir, sont

loin de mériter un nom qui rappelle des sensations agréables.

Sons harmoniques.

Il résulte de là que, dans la nature, nous n'entendons jamais de sons simples, mais toujours des sons composés. Seulement, comme il y a une grande différence d'intensité entre le son principal, dit *fondamental*, et ses harmoniques, celles-ci semblent perdues pour la sensation, et il faut une grande attention pour en reconnaître l'existence.

Si l'on dispose sur des tables de résonnance plusieurs diapasons donnant l'un un son qui sera rendu très fort et jouera le rôle de fondamental, les autres des sons correspondant aux harmoniques agréables, et qu'on ébranle habilement tout l'ensemble, on croira n'éprouver qu'une sensation unique. Mais si l'on arrête brusquement les diapasons harmoniques, on appréciera l'existence et la valeur de leurs sons, et le son fondamental, qui n'aura cependant pas changé, paraîtra sec et dur quand il sera privé de son escorte harmonique.

Les grandes orgues de nos églises contiennent des jeux appelés *jeux de mutation*, et dont les plus usités sont les *cornets*. Ils produisent des sons très beaux par la simultanéité d'un son fondamental et de ses harmoniques dans des tuyaux différents. Vient-on à supprimer quelques-uns de ces tuyaux, l'effet est déplorable.

La différence entre la nature des harmoniques qui accompagnent le son fondamental, est la cause principale de la différence de sons semblables mais provenant d'instruments différents. Il faut ajouter à cette considération celle de l'intensité des diverses harmoniques ; deux sons semblables par leurs sons

fondamentaux et par leurs harmoniques présenteront un timbre différent, si c'est dans l'un telle harmonique, dans l'autre telle autre qui prédomine.

Vous savez, et je n'ai pas dans ce cours à insister sur ces faits, vous savez comment on a classé et échelonné les sons. Il en est dont l'audition simultanée est désagréable; pour d'autres, elle est agréable. Ces derniers sont ceux dont le nombre des vibrations est dans un rapport simple, c'est-à-dire exprimé par des chiffres consécutifs. Ainsi :

L'octave, où le nombre de vibrations des deux sons est comme.	1 est à 2
La quinte	2 — 3
La quarte	3 — 4
La tierce majeure.	4 — 5
La tierce mineure.	5 — 6

Or, il se trouve que les sons harmoniques rendus par les instruments de musique, à cause de cela les plus estimés, et par la voix humaine, correspondent précisément à ces intervalles agréables, puisqu'ils sont successivement : l'octave, la quinte, la quarte, la tierce majeure, la tierce mineure; ceux qui sont au delà s'entendant à peine.

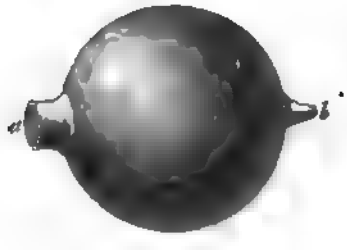


Fig. 399. — Un résonnateur : *a*, arrivée du son; *b*, petit bout à introduire dans l'oreille.

Résonnateurs et flammes mobiles.

On reconnaît facilement aujourd'hui la présence de ces harmoniques en faisant vibrer le son fondamental devant des séries de boules creuses en cuivre qui, chacune peuvent émettre un son différent : on les appelle des *résonnateurs* (fig. 399). On les dispose en

série, et l'on émet un son devant elles ; les harmoniques qu'il contient sont alors chacune renforcée par le résonnateur qui lui correspond, et elles prennent une intensité qui les fait reconnaître aussitôt. Helmholtz a pu en distinguer ainsi 16 dans une voix de basse.

On met en évidence la présence des harmoniques, et même on détermine celles-ci par un artifice très ingénieux. Un son étant composé par des ondes de l'air, il est clair que si on l'émet devant une flamme, celle-ci remuera, et ses mouvements seront en rapport

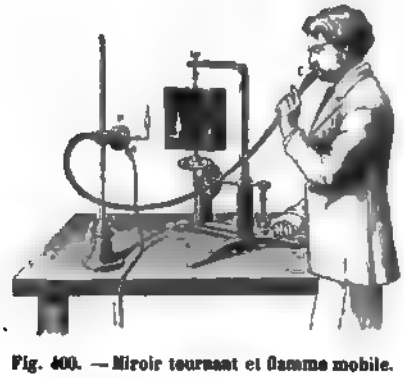


Fig. 400. — Miroir tournant et flamme mobile.

avec les diverses qualités du son. Ceci posé, émettons un son qui impressionnera un bec de gaz par l'intermédiaire d'une membrane élastique D (fig. 400) ; faisons en sorte que les tremblottements de la flamme se répercutent dans un miroir plan. Imprimons maintenant à ce miroir un vif mouvement de rotation : les haut et les bas de la flamme vont se séparer, et donneront une figure qui sera toujours la même pour un même son et une même vitesse de rotation du miroir. En suposant celle-ci constante, la figure ne variera que si le son varie.

Or, si l'on émet un son de diapason, simple, sans harmoniques, on obtient une série de pointes aiguës et régulières, semblables aux dents d'une scie. Les sons harmoniques manifestent leur présence par des irrégularités qu'on a pu étudier avec soin, et même reproduire avec des figures. Je vous en présente (fig. 401) qui en même temps vous montrent la différence des harmoniques contenues dans la même note suivant qu'elle est chantée en disant *ou*, *o*, *a*.

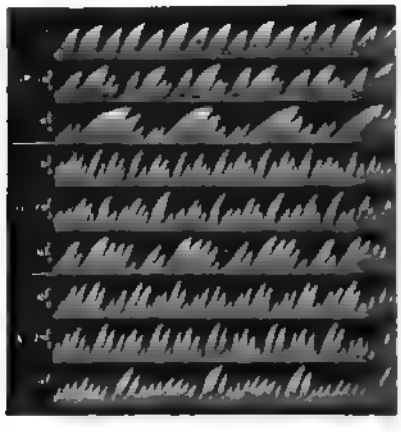


Fig. 401. — Flammes correspondant à l'émission de trois sons sur les voyelles *a*, *o*, *ou*

L'intervalle d'octave est le plus parfait de tous les intervalles musicaux, mais non le plus agréable, à cause de la similitude trop grande des deux sons. Elle est telle que les personnes inexpérimentées ont quelque peine à les reconnaître. Si un homme et une femme, non musiciens, veulent chanter la même note, ils seront en réalité et à leur insu à l'octave l'un de l'autre, la femme donnant la note supérieure.

Après l'octave vient, comme satisfaction de l'oreille, la quinte, puis la quarte, la tierce majeure et la tierce mineure.

Raison des assonnances et des dissonnances entre sons simples.

Je puis vous représenter par une figure la manière dont se comportent deux sons émis simultanément, et nous allons y trouver la raison de l'agrément ou du désagrément avec lequel nous les accueillons : ce qu'on appelle leur *assonnance* et leur *dissonnance*.

Puisqu'un son est produit par des ébranlements oscillatoires de l'air, analogues aux rides que nous voyons à la surface de l'eau après y avoir jeté une pierre (avec cette différence que ces rides ne se manifestent que sur la surface de l'eau, tandis que les ondes oscillatoires se propagent dans tous lens sens, comme une sphère qui grandirait indéfiniment), nous pouvons représenter un certain son par une ligne oscillante régulière A (fig. 402).

L'octave (*ut-ut*), B, fera 2 oscillations pendant que le son fondamental en fera 1 ; la quinte (*ut-sol*), C, 3 contre 2; la quarte (*ut-fa*), D, 4 contre 3: la tierce majeure (*ut-mi*), E, 5 contre 4; la tierce mineure (*ut-mi♭*), F, 6 contre 5; la sixte majeure (*ut-la*), G, 5 contre 3; enfin, pour nous borner, la seconde (*ut-ré*), H, 9 contre 8.

Lorsque un de ces sons est émis simultanément avec le son fondamental, il arrive donc un moment où leurs vibrations se rencontrent, et se renforcent en s'additionnant. Dans l'intervalle, elles ont marché indépendamment l'une de l'autre, si bien qu'elles se sont contrariées d'une manière qu'indique très nettement la considération de la figure.

Comparons, pour simplifier le problème, l'assonnance la meilleure, l'octave, avec une dissonnance fort désagréable, la seconde.

Dans l'octave, la coïncidence des vibrations se fera très fréquemment, toutes les deux périodes, et, dans

l'intervalle, leur dissension maximum sera également très régulière, et placée au milieu juste de l'oscillation du son fondamental. Cela se comprend nettement à l'œil, et il semble que cela peut se comprendre également à l'oreille.

Dans la seconde, au contraire, la coïncidence ne se fait qu'une fois toutes les huit vibrations du son fondamental ; c'est-à-dire que très rarement les deux oscillations marcheront ensemble et s'entendront, peut-on dire, l'une l'autre. Dans l'intervalle, toujours elles discorderont, et d'une façon irrégulière. A la fin de la première oscillation du son fondamental, le son de la seconde sera en avance de $\frac{1}{8}$ d'oscillation; à la deuxième, de $\frac{2}{8}$, et ainsi de suite. L'œil et l'oreille sont encore ici d'accord pour ne pouvoir saisir ce rhythme et s'en trouver, en quelque sorte, choqués.

Je pense vous avoir fait saisir ainsi pourquoi deux sons émis simultanément sont plus ou moins assonnants, suivant le rapport du nombre de leurs vibrations. Mais il y a encore une autre considération, qui vient jouer un rôle considérable dans la production de la dissonnance.

C'est celle du nombre des *battements* pendant une seconde.

Examinez les deux oscillations A et F du son fondamental et de sa tierce mineure (*ut-mi♭*) ; il y a un moment où les deux oscillations s'ajoutent, parce qu'elles vont dans le même sens : c'est en *a a'*. Il y a un autre moment où elles se retranchent l'une de l'autre, parce qu'elles vont en sens inverse : c'est en *b b'*. Le premier moment, celui du renforcement, a lieu lorsque le son fondamental a fait 5 oscillations

complètes; mais, comme dans la supputation musicale, on ne compte que par demi-oscillations, ou, comme on dit, par vibrations simples, nous dirons que le renforcement a lieu lorsque le son A a fait 10 vibrations simples; le son F en a fait alors 12. Le moment de la diminution a lieu lorsque le son A a fait 5 vibrations simples et le son F 6.

Si donc nous supposons que le son A fasse à la seconde 100 vibrations simples, le son F en fera 120, et il y aura eu, pendant cette seconde, 10 renforcements et 10 affaissements du son à l'oreille. Ces

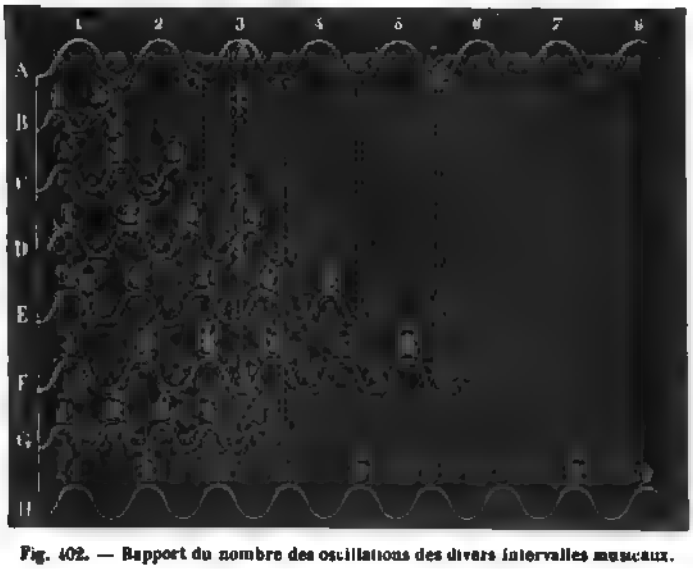


Fig. 402. — Rapport du nombre des oscillations des divers intervalles musicaux.

alternatives de force et de faiblesse dans un son composé de deux sons, constituent ce qu'on appelle les battements.

Plus ces battements sont nombreux à la seconde, plus ils sont désagréables, et plus la dissonnance est frappante.

Par exemple, entre le son ut_1 (264 vibrations simples) et le son ut_1 plus un vingtième de ton (soit 264, plus un vingtième de $\frac{264}{8}$, c'est-à-dire, en définitive, 265,6), il n'y a qu'un battement environ à la seconde. et l'union de ces deux sons ne donne pas de fâcheuse sensation. Mais entre ut_3 (4224 vibrations) et ut_3 plus un vingtième de ton (4250 vibrations), il y a 13 battements; et il en résulte une sensation désagréable si ces deux sons se font entendre simultanément.

Cependant, quand les battements sont très nombreux, on ne les perçoit plus, et l'union des deux sons est très bien acceptée; par exemple, pour la_3 et si_3, où il y a 440 battements dans la seconde.

Il faut donc, pour avoir la raison des dissonnances, combiner la notion du rapport du nombre des vibrations avec celle du nombre des battements dans une seconde.

Quand les vibrations sont dans les rapports simples de l'octave, de la quinte, de la quarte, des tierces mêmes, le nombre des battements importe peu. Ainsi, entre ut_0 et sol_0 (quinte), entre ut_1 et mi_1 (tierce majeure), il y a 33 battements, et cependant la sensation combinée est très assonnante. Au contraire, entre si_2 et ut_3 (demi-ton) ou entre ut_2 et $ré_2$ (ton), où il n'y a également que 33 battements, la dissonnance est des plus prononcées.

Il suit de ce que nous venons de dire que c'est dans les régions moyennes des sons musicaux, et particulièrement dans les trois octaves ut_0 à ut_3 de la voix humaine, que les sons séparés par les intervalles immédiats de la gamme, c'est-à-dire les tons et les

demi-tons, sont les plus désagréables à entendre simultanément. Dans l'octave ut_0-ut_1, le nombre des battements pour deux notes séparées par un ton varie de 8 à 14; dans l'octave ut_1-ut_2, de 33 à 55; dans l'octave ut_2-ut_3, de 66 à 110; c'est-à-dire que ces nombres sont précisément les plus faciles à percevoir.

Au-dessus ou au-dessous, le nombre des battements est trop faible ou trop fort. A la contre-octave de ut_{-2} à ut_{-1}, il varie de 2 à 3. A l'octave supérieure du piano à queue, c'est-à-dire de ut_3 à ut_4, il varie de 164 à 440. Aussi, frappez ensemble sur un piano la_{-2} et si_{-2} (3 battements) ou la_3 et si_3 (440 battements), et vous n'obtiendrez pas un effet par trop désagréable. Sur l'orgue, dans les notes basses, les rares battements sont si forts qu'on les utilise pour produire l'effet du tonnerre.

Il résulte de là que, en dehors des questions de mécanisme et de doigté, il est beaucoup plus difficile de jouer du violon de manière à satisfaire l'oreille dans les octaves supérieures que dans les moyennes et les inférieures. Dans l'octave ut_0-ut_1, un quart de ton d'erreur donne 2 à 3 battements, et est insensible; dans l'octave ut_3-ut_4, ce quart de ton amène de 33 à 55 battements, et l'erreur devient insupportable.

Assonances ou dissonances des sons complexes.

Mais la chose est encore plus complexe, puisque dans la nature nous n'entendons jamais des sons simples, mais bien des sons contenant des harmoniques.

Il en résulte d'abord qu'un seul son comme celui d'une corde de piano, est en réalité constitué par la simultanéité d'une série de sons espacés suivant la série, connue : ut_0, ut_1, sol_1, ut_2, mi_2, sol_2, sib_2,

ut_3, $ré_3$, mi_3, donnant des intervalles agréables à entendre comme ut_0-ut_1, ut_1-sol_1, et des intervalles désagréables, comme $si_\flat$-*ut*, *ut*-*ré*, *ré*-*mi*. Heureusement, ceux-ci sont faibles; cependant, lorsque la note primitive est très basse, on finit par les entendre, même dans la voix humaine, sans résonnateurs. Les fabricants de pianos ont dû les arrêter par des dispositions spéciales.

En réalité donc, un son de corde est un accord, et c'est pour cela qu'il est si plein et si harmonieux.

Souvent, comme nous venons de le voir, les harmoniques sont loin de mériter leur nom. Ainsi le diapason lui-même émet des sons harmoniques fort désagréables, mais ils sont très fugitifs; un diapason ut_1 donne un instant $la_3^\sharp$, $ré_3$, $ut_6^\sharp$. On a noté dans une cloche, ut_1, $ré_3$, ut_3, $sol_3^\sharp$, $ré_4$; le tambour, les plaques des cymbales donnent aussi de ces prétendues harmoniques, qui sont désagréables et seraient tout à fait insupportables si elles avaient de la force et de la durée; aussi ces instruments ne peuvent jouer en musique que des rôles accessoires.

Revenons aux instruments à bonnes harmoniques, qui sont les cordes, et, à un moindre degré, les tuyaux. Quand on émet un son, vous ai-je dit, les harmoniques sont entendues, et cela d'autant mieux que ce son est plus bas.

Savart avait cru qu'on entendait le son de 16 vibrations; c'était son octave harmonique 32 qu'on entendait réellement.

Quand on émet simultanément deux sons, nous entendons en même temps leurs harmoniques. Or, il peut arriver que les deux sons consonnant bien ensemble, les harmoniques amèneront des dissonnan-

ces, à cause des battements qui se produisent entre elles.

Ainsi, donnons ensemble ut_{-1} et sol_{-1} sur deux bonnes cordes de piano, nous aurons les harmoniques

ut_{-1},	ut_0,	sol_0,	ut_1,	mi_1,	sol_1,	$si\flat_1$,	ut_2,
sol_{-1},		sol_0,		$ré_1$,	sol_1,	si_1,	$ré_2$,

et, en négligeant les faibles harmoniques supérieures, il y aura entre ut_1 et $ré_1$ 16 battements, entre $ré_1$ et mi_1 21 battements : ce qui donnera des sensations qui seraient fort désagréables si elles étaient intenses.

Si nos sons fondamentaux avaient été pris dans les régions moyennes, les harmoniques donneraient des résultats beaucoup moins fâcheux ; voyons pour l'accord ut_2-sol_2 :

ut_2	ut_3	sol_3	ut_4	mi_4	sol_4
sol_2		sol_3	$ré_4$		sol_4

Les battements entre ut_4 et $ré_4$, $ré_4$ et mi_4 seront au nombre de 132 et 182, ce qui, joint à leur faiblesse, les empêchera d'être remarqués.

C'est là la raison pour laquelle les accords très vigoureusement frappés dans les parties basses du piano ont quelque chose de rauque et de dur. Frappez ensemble ut_{-1}, mi_{-1}, sol_{-1}, et vous entendrez en même temps les harmoniques si_0, ut_1, $ré_1$, mi_1, ce qui sera fort désagréable pour peu que ces sons aient de la force.

Je m'arrêterai ici dans cette étude des sensations auditives. Il y aurait encore bien à dire ; mais je crois que j'empiéterais sur les domaines de la musique ou de la physique. Je dois me borner à analyser les sen-

sations, sans insister sur leur base physique, ni sur leurs effets esthétiques.

Notions données par l'ouïe.

Vous voyez que l'ouïe ne nous renseigne guère que sur l'état de vibration des corps dans les limites que je vous ai indiquées, de 33 à 76000 par seconde. Jusqu'à 33, pas de son continu, chaque vibration produit un effet spécial, analogue à un choc; cela signifie que les sensations auditives ne durent pas plus de $\frac{1}{33}$ de seconde, puisque jusqu'à cette limite de durée elles ne se réunissent pas.

Comme l'œil, l'oreille nous renseigne sur des sensations simples et sur des sensations complexes. Mais, pour celles-ci, il y a une différence capitale entre les deux sens. Quand on amène simultanément sur notre œil des rayons jaunes et des rayons bleus, nous avons la sensation du vert, c'est-à-dire de la résultante, sans pouvoir jamais discerner les deux composantes. Au contraire, pour l'oreille, un son composé d'harmoniques nous paraît bien être simple, mais l'attention et l'expérience nous enseignent à y distinguer ceux des éléments qui ont une intensité insuffisante. C'est avec l'oreille seule que Pythagore a entendu dans le son rendu par une enclume, le *sol* de la seconde octave; c'est sans instruments que Rameau, en 1726, est parvenu à entendre et à étudier les principales harmoniques.

L'ouïe peut, dans des limites assez étroites, nous renseigner sur le lieu occupé par le corps sonore, ou plutôt sur la direction dans laquelle il se trouve. Mais pour cela il faut qu'il soit un peu par côté, à droite ou à gauche. On le reconnaît d'ordinaire en faisant mouvoir légèrement la tête.

Vous voyez que, si le sens de l'ouïe nous rend d'im-

menses services au point de vue des relations sociales et de certaines satisfactions esthétiques, il est loin de présenter une utilité comparable à celle du sens de la vue. On pourrait à la rigueur comprendre même une société d'hommes sourds; on ne saurait se figurer ce que serait une société d'aveugles.

LES SENSATIONS OLFACTIVES ET GUSTATIVES.

Je réunis dans un exposé nécessairement bref ces deux ordres de sensations qui fonctionnent si souvent simultanément. On pourrait presque dire que l'olfaction est un goût à distance; toutes deux n'agissent que par un contact : gazeux pour l'une, liquide pour l'autre.

L'acuité de ces sensations est extraordinairement variable : « L'empire de la saveur, dit Brillat-Savarin, a aussi ses aveugles et ses sourds ». Évidemment, des chiens nous traiteraient de sourds pour l'olfaction. Du reste, l'éducation peut améliorer étonnamment la netteté de ces sensations.

La gustation ne s'exerce pas également dans toute la bouche; certaines substances sont mieux goûtées à la pointe (acides, sels) qu'à la base de la langue: les substances amères et nauséeuses le sont surtout à la base. C'est pour cette raison que le sulfate de soude paraît salé quand on le goûte du bout de la langue, et amer quand on l'avale.

Il y a des contrastes de sensations gustatives : le sucre rend le vin amer; il y a aussi des associations favorables ou défavorables. Et les enthousiastes ont pu dire que l'art de la cuisine se peut comparer

à ceux de la peinture et de la musique qui, comme lui, vivent de contrastes et d'associations harmoniques.

La dégustation d'un grand nombre de substances nécessite la perméabilité des fosses nasales. Il n'y a plus de bouquet dans le vin quand on ferme le nez ou quand la muqueuse est enflammée par le coryza.

Certaines sensations olfactives ont de singuliers rapports avec les sensations gustatives : le chloroforme a une *odeur sucrée*.

La perspicacité de l'odorat est prodigieuse. On reconnaît dans l'air un demi-millionnième d'acide sulfhydrique et des traces impondérables de camphre. Mais qu'est cela à côté du chien courant qui suit sur une route sèche, en plein soleil, la trace d'un lièvre qui a passé là une heure auparavant! C'est à se demander s'il n'y aurait pas deux sources de sensations olfactives, l'une matérielle et grossière, l'autre éthérée, entre lesquelles existerait la même différence qu'entre le coup sur l'œil et le rayon solaire qui nous donnent tous deux la sensation de la lumière. Cette hypothèse expliquerait bien des choses.

Quand on fait arriver à chaque narine une odeur différente, il n'y a pas mélange des deux sensations; elles se succèdent l'une l'autre, comme celle des couleurs vues séparément par les deux yeux. Il en est de même pour les sensations gustatives différentes, portées l'une à droite, l'autre à gauche de la langue.

Les mélanges d'odeurs sont presque impossibles à analyser. On peut arriver à des résultats meilleurs pour les mélanges de substances sapides.

Les sensations olfactives et gustatives ont été clas-

sées suivant des dénominations tirées du langage usuel. On dit des saveurs amères, aigrès, salées, sucrées, astringentes, etc.; ces mots représentent des souvenirs assez nets à notre esprit. Pour les sensations olfactives, on est loin de posséder des expressions aussi claires : odeurs aromatiques, alliacées, fétides, nauséeuses, etc., expriment soit des comparaisons, soit des appréciations, et ne nous rappellent rien clairement.

Figurez-vous, pour juger de l'infériorité des connaissances que nous recevons par ces sens comparées à celles qui nous viennent du sens visuel, que pour exprimer le rouge ou le vert nous soyons obligés de dire couleur agréable ou désagréable, ou encore couleur d'œillet et couleur de feuille.

Ces sensations d'ordre inférieur nous servent très peu à nous renseigner sur le monde; mais si elles n'ont pas une grande importance au point de vue intellectuel, leur utilité est considérable dans le domaine de la vie de nutrition, puisque l'une nous avertit des qualités de l'air que nous respirons, l'autre de celles de la nourriture que nous allons absorber.

La sensibilité réside dans tous les points de notre corps. Ceux-là même dont l'existence et le fonctionnement nous sont pour ainsi dire inconnus, se révèlent douloureusement à nous lorsqu'ils sont enflammés : les excitations sympathiques mettent alors la moelle en jeu. Mais les parties les plus sensibles sont celles dont les nerfs appartiennent au système céré-

bro-spinal. Dans une amputation, toutes les parties de la section sont sensibles. Si certains organes, comme les tendons, la dure-mère, sont insensibles au contact, ils deviennent extrêmement sensibles, comme le font les viscères internes, quand ils sont enflammés.

Mais le maximum de sensibilité nous est fourni par la peau et par les muqueuses de la bouche et du nez, qu'animent des nerfs médullaires. Ces surfaces peuvent ressentir des impressions très variées, dont les principales sont celles de *contact*, de *pression*, de *température*. Leur ensemble est d'ordinaire confondu sous le nom de *sensations tactiles*.

Douleur et insensibilité.

L'exagération de ces sensations produit la *douleur*; mais la valeur du mot exagération varie singulièrement d'un individu à l'autre. Tous les chirurgiens savent que ce qui est douleur insupportable pour certaines personnes est à peine senti par d'autres; et je ne veux pas parler ici des différences de manifestations, contorsions, cris, larmes, que peut amener une force d'âme plus ou moins grande : non, il s'agit bien d'inégalités sensorielles véritables.

Ces différences peuvent être extraordinairement exagérées dans certaines maladies. Il n'est pas rare de voir des personnes *analgésiques* (α, *a*, non; ἄλγος, *algos*, douleur), comme disent les médecins; c'est-à-dire chez qui la sensation de contact ou de température, bien qu'elle existe, ne peut, si violente qu'on la suppose, occasionner de la douleur. Tous les médecins aliénistes ont vu des femmes — car ces accidents de la sensibilité sont plus communs chez les femmes que chez les hommes, — qui sentent bien quand on les touche, mais qui ne souffrent pas

d'une aiguille qui leur transperce le bras, ou qui regardent en souriant un charbon enflammé faire grésiller leur peau. Plus souvent, ces malades sont tout à fait *anesthésiques* (α, *a*, non ; αἴσθησις, *æsthèsis*, sensibilité), c'est-à-dire n'ont pas même la sensation du contact.

Mais rarement l'anesthésie s'étend à tout le corps ; le plus souvent, un seul côté en est frappé : c'est l'*hémi-anesthésie* (ἥμισυς, *hèmisus*, demi). Parfois, ce sont des points isolés, disséminés sur le corps, non pas absolument au hasard. Enfin, d'autres points sont quelquefois, en sens inverse, frappés d'exagération de sensibilité telle, ou d'*hyperesthésie* (ὑπερ, *hyper*, au-dessus, trop), que le moindre contact entraîne des douleurs extraordinairement vives. On a cité une femme à qui le médecin ne pouvait toucher le pouls sans qu'elle éprouvât des douleurs assez fortes pour amener la syncope.

Ce ne sont pas seulement les fous qui présentent ces accidents ; ils se présentent aussi chez des gens dont la raison est intacte. On les a observés, par exemple, dans certains empoisonnements par le plomb. Mais presque toujours d'autres troubles nerveux, amenant des convulsions, des contractions musculaires permanentes, les accompagnent. Les sorcières, hantées d'hallucinations, avaient presque toujours des points anesthésiques, et leur constatation a suffi pour envoyer au bûcher bien des malheureuses que quelques douches eussent guéri. L'histoire de toutes les possédées, des convulsionnaires de Saint-Médard, qu'on perçait et frappait sans qu'ils sentissent rien, nous présente des faits semblables. Quelquefois des troubles de circulation, dûs à des troubles

nerveux, amènent des taches asphyxiques locales ou même des hémorrhagies très limitées à divers points de la peau : ce sont les *stigmates*, qui ont parfois été l'occasion des plus grossières superstitions.

La sensibilité au contact peut exister chez certains malades en l'absence de la sensibilité à la température, et réciproquement. Toutes les combinaisons ont été observées. Ainsi Bellion a vu un malade partiellement analgésique qui sur ces mêmes parties était hyperesthésique de la chaleur et criait au brûlé dans un bain tiède.

La compression des nerfs produit, mais moins sûrement, une insensibilité locale. Celle-ci n'est pas rare, au réveil, dans le bras, à cause de positions qui compriment ou tiraillent les nerfs sous l'aisselle; ni dans la journée, après de longues et immobiles stations assises, qui ont comprimé le nerf sciatique. Lorsque la sensibilité revient, elle s'accompagne de fourmillements, de picotements parfois douloureux.

Certaines substances suppriment la sensibilité, d'où leur nom d'*anesthésiques*. Il semble qu'elles coupent le nerf de sensibilité à son point de jonction avec la moelle épinière. L'éther, le chloroforme, le protoxyde d'azote, sont les plus connus de ces médicaments : on comprend que leur emploi n'est pas sans quelque danger, surtout lorsqu'on veut obtenir une anesthésie complète.

Sensibilité inégale en divers points du corps.

La sensibilité tactile n'est pas également délicate sur tous les points du corps. Si vous prenez un compas, et que, les yeux fermés, vous en appliquiez les pointes sur diverses régions des muqueuses et de la peau,

vous verrez que, pour reconnaître qu'il y a deux contacts, il faudra donner à vos pointes un écartement très variable.

Voici un tableau qui indique en moyenne avec quel écartement nous commençons à sentir qu'il y a deux contacts :

	mm.
Pointe de la langue	1,1
Pulpe des doigts, troisième phalange	2,2
Bord rouge des lèvres	4,5
Face dorsale des doigts, troisième phalange	6,7
Bout du nez	6,7
Bord cutané des lèvres	9,0
Joue	11,2
Face interne des lèvres	20,3
Front	22,5
Dos de la main	31,5
Genou	36,0
Avant-bras	40,5
Nuque et dos	54,1
Bras	67,6

Ces mesures varient environ du simple au triple suivant les individus. Elles se rétrécissent par l'exercice, et sont à leur minimum chez les aveugles-nés. Elles sont plus petites chez les enfants.

Si l'on chauffe une des pointes du compas, on perçoit la distinction des deux à beaucoup plus faible distance; de même si on pique.

La sensibilité à la pression est également très variable. En général, c'est dans les points où la distance des pointes a besoin d'être la moindre pour obtenir la perception double, que les poids excitent la plus haute sensation de pression.

Ainsi, en chargeant de poids très légers, successivement superposés, une même surface, un centimètre carré de la peau, on commence à sentir qu'il y a pression :

Avec 0gr,5 à la pulpe des doigts, 3e phalange;
— 1gr,0 à la paume de la main;
— 1gr,5 au genou;
— 3gr,8 sur le dos.

Ce sont, bien entendu, des mesures approximatives, dont le grand intérêt est la comparaison.

Appreciation de la température.

La bonne distinction des températures se fait suivant les mêmes lois, et les mêmes régions sont également favorisées pour la température, la pression, le contact. Mais ce n'est guère qu'entre +10° et +47° qu'on peut estimer les différences de température avec quelque précision ; au-dessous et surtout au-dessus, l'adjonction ou la soustraction de calorique ne tardent pas à donner des impressions douloureuses. Le maximum de délicatesse pour l'appréciation des températures est entre 27° et 33°. Avec la pointe du doigt, on peut distinguer des différences de deux centièmes de degré entre 14° et 29°, et de cinq centièmes aux environs de 30°.

La température d'un corps paraît d'autant plus élevée que la surface de peau impressionnée est plus étendue. Ainsi, si l'on plonge un doigt dans l'eau à 41°, puis la main entière dans l'eau à 37°, c'est cette dernière qui paraît la plus chaude. Aussi, tandis qu'on peut aisément plonger le doigt dans l'eau à 51°, la main y brûle et n'y peut être tenue.

La muqueuse buccale supporte des températures bien supérieure à celles que peut endurer la peau. Vous ne pourriez laisser votre doigt dans du bouillon ou du café que vous buvez facilement. Et cela se comprend : la température habituelle de la bouche est voisine de 35°, tandis que celle du doigt est souvent au-dessous de 25°.

Un fait curieux, et qui a servi aux Allemands à édifier de bizarres théories, c'est que si on dépose sur les paumes des deux mains deux corps semblables, dont l'un soit chaud, et l'autre très froid, ce dernier semble plus lourd que l'autre.

L'appréciation de la température des corps est tout naturellement singulièrement influencée par leur *conductibilité* pour la chaleur. La pierre, les métaux, l'eau, paraissent toujours, à température égale, beaucoup plus froids que le bois ou l'air, parce qu'en raison de leur grande conductibilité, ils soutirent aux organes avec lesquels nous les touchons une plus grande quantité de calorique.

Durée des impressions tactiles.

La durée des impressions tactiles est très faible. Si l'on fait tourner avec une vitesse croissante une roue garnie de dents, il arrive un moment où les sensations successives se combinent en une seule. A ce moment, les dents se succèdent à raison de 480 à 640 par seconde, soit en moyenne 560.

En d'autres termes, la durée des sensations tactiles est en moyenne de $\frac{1}{560}$ de seconde; celle des sensations auditives est, avons-nous vu, de $\frac{1}{33}$, et celle des sensations visuelles, beaucoup plus variables, de $\frac{1}{10}$ dans les conditions moyennes.

Quand les excitations tactiles sont souvent répétées sur certains points du corps (côtés du thorax, plante des pieds, etc.), elles occasionnent une sensation légère, dite de *chatouillement*, qui, fait curieux, détermine les actes réflexes du rire.

Notions fournies par le toucher.

Les notions que nous fournit le sens du toucher sont, vous le devinez par cet exposé, et vous le saviez déjà, extrêmement nombreuses et importantes.

Tout d'abord c'est le sens qui limite le plus nette-

ment le monde extérieur d'avec notre propre corps. On peut, comme le fait volontiers un aveugle-né opéré de la cataracte et guéri, croire que les images du fond de l'œil appartiennent à l'organe lui-même. Mais il n'est pas possible de se tromper sur l'origine des sensations tactiles : quand nous touchons notre corps, en effet, la sensation est double; elle est simple quand nous sommes touchés par un corps étranger. C'est donc, avant tout, le sens qui détermine le *moi* et le sépare du *non-moi*.

Il nous donne également de précieuses notions sur la température des corps. Puis il nous renseigne aussi sur leurs formes, leur pesanteur, l'état de leur surface; mais, pour ces dernières notions, il lie presque toujours son action à une sensation en apparence très obscure, très précise en réalité, qui présente peut-être encore plus d'importance que les sensations tactiles proprement dites : on l'appelle la *sensation de la contraction musculaire*.

Sensation de la contraction musculaire.

Nous sentons, en effet, parfaitement dans quel état sont nos muscles; nous apprécions parfaitement l'énergie de leur contraction dans ses divers temps, et cette appréciation nous rend d'immenses services.

C'est grâce à elle que nous apprécions le *poids* des corps dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire en les *soupesant;* ce qui signifie que nous établissons un rapport entre le poids du corps et l'effort contractile que nous avons dû faire pour le soulever.

C'est grâce à elle que nous apprécions la *dureté* d'un corps, par la résistance que le corps oppose à notre doigt qui le presse, et par l'état des muscles qui en est la conséquence. De même pour la *viscosité*.

l'*élasticité*, le *poli* et autres qualités qui nécessitent pour être appréciées une modification dans l'action des muscles de la partie de notre corps avec laquelle nous interrogeons le corps étranger, et c'est presque toujours la main.

C'est grâce à elle que nous connaissons le lieu qu'occupe dans l'espace, dans les positions les plus variées, chacun des points de notre corps, par la longue habitude de l'appréciation des contractions musculaires en rapport avec ces diverses positions.

C'est elle, par suite, qui nous permet de toucher exactement et à volonté, les yeux fermés, avec un doigt, un point quelconque de notre corps. Et, comme cette sensation est au moins autant que les autres susceptible de perfectionnement par l'éducation, vous voyez pourquoi, avec un doigt, surtout de la main droite, nous touchons avec une précision surprenante un point donné de notre visage, tandis que nous risquons de tomber à côté pour des régions du corps sur lesquelles le doigt se porte moins souvent.

C'est elle qui nous permet de mesurer nos efforts aux effets que nous voulons produire; qui donne aux mouvements des gymnastes cette exactitude vraiment si extraordinaire; qui fait que l'enfant lançant une pierre contracte juste et au degré voulu tous les muscles qui entrent en jeu dans cet acte si complexe. C'est elle que nous mettons inconsciemment en usage dans les mille mouvements de la marche, et qui avertissant les centres cérébro-spinaux de la rupture brusque et accidentelle de l'équilibre, les met en demeure de commander les actes réflexes qui s'opposeront à la chute.

Il est une maladie terrible dans laquelle cette sensation de la contraction musculaire se perd, sans qu'il y ait paralysie, sans que la peau devienne insensible. Généralement, elle débute par les membres inférieurs. Elle a pour conséquence des désordres dans la marche qui lui ont valu le nom d'*ataxie locomotrice* (ατάξιε, *ataxis*, désordre). Les malheureux qui en sont atteints commencent par ne plus pouvoir marcher sans regarder où ils posent le pied, sans quoi leurs muscles s'emportent en mouvements désordonnés : aussi les reconnaît-on dans la rue à l'incertitude de leur marche et surtout à leur visage obstinément dirigé vers le sol. Plus tard, la vue elle-même ne peut diriger les muscles, et la marche devient impossible. Les autres muscles du corps peuvent consécutivement être atteints, même ceux de la respiration, ce qui ne tarde pas à amener une terminaison fatale. On trouve, à l'autopsie, une altération particulière des cordons postérieurs de la moelle épinière.

Une des notions les plus précieuses que nous donne la sensation que nous étudions en ce moment, c'est celle de la *forme* des corps. La notion que nous avons, grâce à elle, du lieu qu'occupent dans l'espace les points de notre corps, amène cette conséquence que lorsque, les yeux fermés, nous touchons avec notre doigt les bords d'une surface carrée ou ronde, nous recevons dans l'esprit l'image du rond ou du carré. On obtient même cette image en décrivant la figure sur le sol, comme en marchant autour d'une table. Quand un corps est trop grand pour que nous puissions l'embrasser d'un coup d'œil, c'est l'appréciation des mouvements de nos yeux qui en suivent le contour qui nous en fait connaître la forme.

Vous voyez l'immense rôle de cette sensation, sans laquelle nous ne pourrions vivre, et qui nous donne tant de renseignements de première utilité et sur notre propre corps et sur le monde extérieur.

Combinaison de la sensation de la contraction musculaire avec les autres sensations.

Dans beaucoup de circonstances elle s'unit à d'autres sensations pour nous donner une idée des phénomènes et des qualités des corps. Ainsi, la conscience de la contraction des muscles oculaires, quand les yeux suivent un corps en mouvement, nous donne l'idée du mouvement. Très certainement, la sensation de la contraction du muscle ciliaire dans la vue d'un objet rapproché nous aide à en apprécier la proximité. La contraction des muscles de la chaîne osseuse de l'oreille interne est aussi pour beaucoup dans l'appréciation des qualités sonores.

Mais c'est avec le toucher que ses relations sont les plus fréquentes et les plus nombreuses. Ces deux ordres de sensations se combinent pour nous donner les notions de *forme*, de *pesanteur*, de *cohésion*, de *poli*, d'*humide*. Enfin, elle s'unit aussi aux sensations de la température. Réunis, les trois sens de la contraction musculaire, du toucher et de la température nous donnent sur le monde extérieur toutes les notions indispensables, sauf une, la distance des objets extérieurs. Réduit à elles, un homme ne connaîtrait que son corps et les objets qui entrent avec lui en contact direct; il n'aurait nulle idée, sauf par l'odorat, des objets les plus proches de lui, lorsqu'ils ne le touchent pas : ainsi aurait-il (ou plutôt a-t-il, car on a vu des malheureux à la fois sourds et aveugles) besoin d'être incessamment doublé par une seconde personne qui le guide. C'est la vue

qui complète le mieux ces trois sens, et qui, du reste, le plus souvent, agit de concert avec eux ; si bien qu'on pourrait dire que la vue est une sorte de *toucher* à distance.

Rôle des sensations vis-à-vis de l'intelligence.

Tels sont les serviteurs actifs de l'intelligence. Grâce à ces sentinelles qui lui signalent amis et ennemis, elle est renseignée d'abord sur les qualités du corps qu'elle habite, puis sur la présence et les qualités du monde qui l'entoure. Ces données qu'elles lui transmettent, elle les groupe, les compare, les contrôle, les retient. Elle arrive ainsi, par des expériences répétées, à en corriger les défectuosités, à assurer l'existence du corps, à connaître et à utiliser. soit pour l'intérêt de la conservation personnelle. soit pour des intérêts intellectuels esthétiques plus élevés, les propriétés qu'elle a ainsi reconnues dans les divers objets de la nature.

Entre ces sensations venues de différents côtés, correspondant à des propriétés différentes des corps extérieurs, elle établit des relations telles que la reproduction d'une seule lui représente toutes les autres, par une association qu'elle a créée, mais dans laquelle elle n'intervient plus. Sur un tableau, une tache jaune et ronde dans un feuillage vert, réveille, pour ainsi dire, l'écho de sensations multiples, forme sphérique, pesanteur, odeur, saveur, et engendre l'image complète, l'*idée* d'une orange. C'est ainsi que les sensations fournissent les éléments de la connaissance. Montrer comment le jeu des appareils sensoriels et des organes nerveux centraux prépare la conception des signes et la formation des idées appartient au physiologiste, et j'ai essayé de vous

donner, par divers exemples, quelque aperçu de ces phénomènes complexes. Aller au delà, étudier la genèse même des idées, analyser leurs relations, chercher comment la fatalité de leur naissance peut se concilier avec la liberté primitive de leurs associations, comment des idées particulières se groupent en se simplifiant pour former les idées générales, remonter des éléments de la connaissance à la connaissance elle-même, c'est l'œuvre du psychologue, et je n'ai point qualité pour l'exposer devant vous.

Voici, terminée, mesdemoiselles, la première partie de cet enseignement. C'est, à mon avis, la plus importante, et de beaucoup la plus difficile. En effet, sous couleur de Zoologie, et à l'abri de ce pavillon peu compromettant, nous n'avons fait en réalité que de l'Anatomie et de la Physiologie, sciences aux noms rébarbatifs, à la réputation redoutable, et devant lesquelles vous auriez fui de confiance — et vos mères aussi peut-être, — si je les avais inscrites à notre programme officiel.

Or, vous avez pu voir que cela n'est point si terrible; et j'espère que vous avez trouvé un véritable intérêt dans ces études d'aspect sévère, mais qui nous touchent de si près, et dont, pour dire vrai, nous sommes nous-mêmes le sujet.

Car, vous vous en êtes vite aperçues, c'est le corps humain que nous avons pris comme exemple de la réalisation vivante de cet animal théorique qui nous avait servi d'entrée en matière (voy. p. 33). Sauf

quelques digressions de détail, ce sont les fonctions de la *vie végétative* et de la *vie animale* chez l'homme que nous avons étudiées. Aussi, arrivées à la fin de ces Leçons, vous êtes, pardonnez-moi l'expression, au courant de ce qui se passe en vous. Vous savez comment vous digérez, vous respirez, vous marchez, vous sentez. Vous connaissez la structure de vos organes, leur constitution intime, leur rôle, leurs fonctions. Vous connaissez les instruments de votre volonté, et dans quelles conditions ils lui obéissent ou se permettent de discuter avec le maître. Vous avez la notion de l'équilibre sans lequel aucun corps vivant ne pourrait exister, et de la manière dont il peut être entretenu en présence d'une incessante déperdition de matières et de forces. Vous êtes en état de dresser, au moins par têtes de chapitre, le budget de l'organisation.

Il y a plus : vous êtes renseignées sur les troubles les plus graves qui puissent être apportés aux fonctions vitales, c'est-à-dire sur les maladies, et aussi sur les conditions dans lesquelles elles surviennent, sur ce qu'on peut faire pour les guérir. Oui, nous avons eu cette audace de faire de l'Hygiène, de la Pathologie, de la Thérapeuthique — sans prononcer aucun de ces vilains mots.

Mais ce n'est pas seulement le corps humain que nous avons appris à connaître. Vous savez aujourd'hui bien des choses qui s'appliquent non seulement à tous les Mammifères, mais à tous les Vertébrés, et même à l'immense armée des Invertébrés. L'histoire du poumon est exacte, sauf les chiffres relatifs à la ventilation pulmonaire, pour tous les mammifères ; de même pour celle du tube digestif, sauf quelques

détails secondaires, pour celle du cœur, de la circulation sanguine, des organes sensoriels, etc. Ce que nous avons dit sur les propriétés des fibres musculaires et nerveuses, sur l'ossification, les échanges respiratoires, l'absorption, les excrétions, etc., est vrai, partout où il y a des nerfs, des muscles, des os, des membranes déterminées. Et même les notions sur les transformations chimiques dans l'organisme et sur le budget de la matière et de la force, s'appliquent jusque chez ces animaux si dégradés qu'on ne reconnaît en eux presque aucune structure anatomique, et qu'ils sont comme une sorte de gelée vivante.

En d'autres termes, je vous ai parlé, et le plus souvent possible, d'Anatomie générale et de Physiologie générale.

Est-ce à dire pour cela que vous connaissez toutes ces sciences? Vous avez trop de bon sens pour le croire; et d'ailleurs j'ai eu soin, en maintes occasions, de vous montrer les vraies difficultés, de vous faire entrevoir l'immense étendue de ces sciences de la vie au travers desquelles nous n'avons, pour ainsi dire, fait qu'une promenade. Si vous avez bien profité de notre enseignement vous savez beaucoup de choses, et des choses essentielles, bien que trop généralement ignorées non seulement des femmes, mais des hommes. Mais en même temps que le sentiment d'une légitime satisfaction, gardez celui d'une modestie non moins légitime.

Et surtout ne vous figurez pas que vous sachiez la Médecine, qu'on m'a reproché de vouloir vous faire apprendre. Vous en savez juste assez pour aller chercher à temps un médecin et comprendre ses indications : c'est déjà beaucoup.

Mais il n'y a pas de danger que vous vous figuriez savoir la Zoologie ! Car, dès notre troisième leçon, et après un simple coup d'œil général, nous ne nous en sommes plus occupés. Il faudra cependant bien y arriver, puisque c'est là le titre même de notre cours !

C'est ce que nous ferons l'année prochaine. Nous commencerons par terminer l'histoire des Mammifères, dont le plan d'organisation nous est maintenant connu. Puis, nous passerons aux autres types animaux.

Je traiterai cette partie du cours avec le même sérieux que la première. C'est surtout l'Anatomie et la Physiologie comparées que nous étudierons. Nous justifierons d'abord la définition générale du Vertébré que je vous ai donnée *a priori* (v. p. 47-51), en passant en revue les modifications des appareils circulatoires, respiratoires, etc., chez les Oiseaux, les Reptiles, Batraciens et Poissons. Puis, nous tracerons à grands traits la configuration des types inférieurs : Annelés, Mollusques, Zoophytes, etc., dont nous avons déjà dit quelques mots (voy. p. 37-41).

Mais l'Anatomie, la Physiologie et la Classification qui en est la conséquence ne nous occuperont pas seules. Nous aurons à parler des mœurs des animaux, de leur distribution à la surface du globe, de leurs rapports avec ceux qui vivaient dans les âges géologiques et dont les couches terrestres nous ont conservé les débris fossiles, des idées qu'on peut se faire sur la manière dont les diverses formes vivantes ont apparu sur la terre, etc. Nous devrons aussi nous occuper des races humaines, toutes construites sur le même modèle anatomique, mais cependant

assez différentes les unes des autres, comme vous le savez ; et aussi des animaux domestiques et de leurs races ; des animaux utiles et nuisibles.... que sais-je encore ? Vous voyez que, même sans entrer dans aucun détail, il y a bien là de quoi nous occuper utilement — et agréablement, je l'espère, — pendant une seconde année.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE. 1

PREMIÈRE LEÇON.

DÉFINITIONS. — BASES DE LA CLASSIFICATION 1

Définition de la Zoologie. — Ce que c'est qu'un animal. — Principes de la Classification. — Établissement de la Classification. — Nécessité de l'Anatomie et de la Physiologie. — Nécessité de l'Embryologie. — Méthode philosophique.

DEUXIÈME LEÇON.

CONSTITUTION GÉNÉRALE DES ÊTRES VIVANTS. DIVISION DU RÈGNE ANIMAL EN EMBRANCHEMENTS. LES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES; LEUR VIE INDÉPENDANTE 27

Les êtres vivants et les corps bruts. — La nutrition. — Les oxydations organiques. — Antagonisme des animaux et des végétaux. — Animal théorique. — Établissement des Embranchements. — Les Éléments anatomiques. — Vie élémentaire.

TROISIÈME LEÇON.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES VERTÉBRÉS. LEUR DIVISION EN CLASSES. MAMMIFÈRES : FORME, PEAU, SQUELETTE. 47

Animal vertébré théorique. — Division en Classes. — Mammifères. — *La forme.* — Forme des animaux Mammifères. — *La peau.* Derme et épiderme. — Poils. — Ongles. — Glandes sudoripares. — Tissu cellulaire. — *Le squelette.* Colonne vertébrale. — Vertèbres crâniennes. — Les mâchoires. — Analogies et Homologies. — Comparaison du membre antérieur et du membre postérieur. Ossification. — Cellules du cartilage et de l'os. — Propriétés de la moelle des os. — Structure des os. — Fractures. — Maladies des os. — Articulations. — Maladies des articulations.

QUATRIÈME LEÇON.

LES MUSCLES. — LA DIGESTION 111

Les muscles. Structure des muscles. — Muscles striés. — Muscles lisses. — Tonicité. — Maladies des muscles. — Le diaphragme. — *Appareil digestif et digestion*. La bouche. — Forme des dents. — Structure des dents. — Maladies des dents.— Rapport de la forme des dents avec la nourriture. — Rapport de la forme des mâchoires avec la nourriture. — Mastication. — Déglutition. — Tube digestif. — Structure du tube digestif. — Grosses glandes de la digestion. — Le péritoine. — Les divers aliments. — Transformations digestives.

CINQUIÈME LEÇON.

LA RESPIRATION. — LA VOIX. 137

La respiration. Thorax et appareil respiratoire. — Fosses nasales.— Pharynx. — Larynx. — Muqueuse respiratoire. — Mouvements respiratoires. — Aération pulmonaire. — Composition de l'air expiré. — Asphyxie. — Absorption gazeuse pulmonaire. — Toux, rire, etc. — *La voix*. Description du larynx. — Laryngoscopie. — La parole. — Les voyelles. — Les consonnes.

SIXIÈME LEÇON.

LE SANG ET SA CIRCULATION. 191

Le sang. Les globules sanguins. — La coagulation du sang. — Les gaz du sang. — Sang rouge et sang noir. — Transfusion du sang. — *La circulation*. Le cœur. — Les artères. — Les capillaires. — Les veines. — Ensemble de la circulation. — Vitesse et pression du sang. — Rhythme du cœur. — Système de la veine porte. — La rate et le corps thyroïde. — Les vaisseaux lymphatiques.

SEPTIÈME LEÇON.

L'ABSORPTION. — LES SÉCRÉTIONS ET LES EXCRÉTIONS 235

L'absorption. Difficultés de l'absorption. — Absorption des gaz. — Absorption des aliments. — Absorption des matières grasses. — Action de l'épithelium. — Absorption par la peau. — Absorption par diverses muqueuses. — *Les sécrétions et les excrétions*. Différences entre les sécrétions et les excrétions. — Sucs digestifs. — Bile. — Glycogénie du foie. — Larmes. — Structure du rein. — Composition de l'urine.— Sédiments urinaires. — Sueur. — Liquide sébacé.

HUITIÈME LEÇON.

LA NUTRITION 263

Nécessité de la respiration et de la circulation. — Variation dans les pertes organiques. — Réparation des pertes organiques. — Origine de la chaleur animale. — Influence du froid sur les pertes organiques. — Influence de la taille. — Influence de la chaleur. — Origine de la force. — Equilibre de l'organisme. — Utilité de la température constante. — Destruction des matières azotées. — Utilité d'une nourriture mixte. — Budget organique. — Condiments. — Individualité des éléments anatomiques. — Glycogénie hépatique. — Modifications chimiques dans l'organisme. — Formation de la matière organique par les plantes vertes.

NEUVIÈME LEÇON.

LE MOUVEMENT. 291

Les articulations. Diverses sortes d'articulations. — Articulation de la cuisse. — Articulation du genou. — Articulation du poignet. — *Les muscles*. Muscles de la colonne vertébrale. — Muscles des membres chez les quadrupèdes. — Muscles des membres chez l'homme. — Muscles moteurs de la mâchoire inférieure. — Muscles de la main. — Muscles de la physionomie. — *La Station et la Locomotion*. Marche, vol, natation. — Station de l'homme. — Station des quadrupèdes. — Stations diverses. — Le pas, la marche; le saut, la course. — Allures du cheval.

DIXIÈME LEÇON.

LES ACTES NERVEUX EN GÉNÉRAL. — LES ORGANES DES SENS. . . 337

Actes nerveux. Mise en jeu du système nerveux. — Les fibres nerveuses. — Les cellules nerveuses. — Propagation des excitations nerveuses. — Les nerfs. *Organes des sens*. La peau. — La bouche. — Les fosses nasales. — L'oreille externe. — L'oreille moyenne. — L'oreille interne. — La surdité. — Organes protecteurs de l'œil. — Structure de l'œil. — Marche des rayons dans l'œil. — Accommodation visuelle. — Imperfections de l'œil. — Maladies de l'œil.

ONZIÈME LEÇON.

DES CENTRES NERVEUX CÉRÉBRO-SPINAUX (MOELLE ÉPINIÈRE) . . . 371

La moelle épinière. — Mouvements réflexes. — Moelle allongée. — Les méninges. — Excitabilité des hémisphères